

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005 年 10 月 6 日 (06.10.2005)

PCT

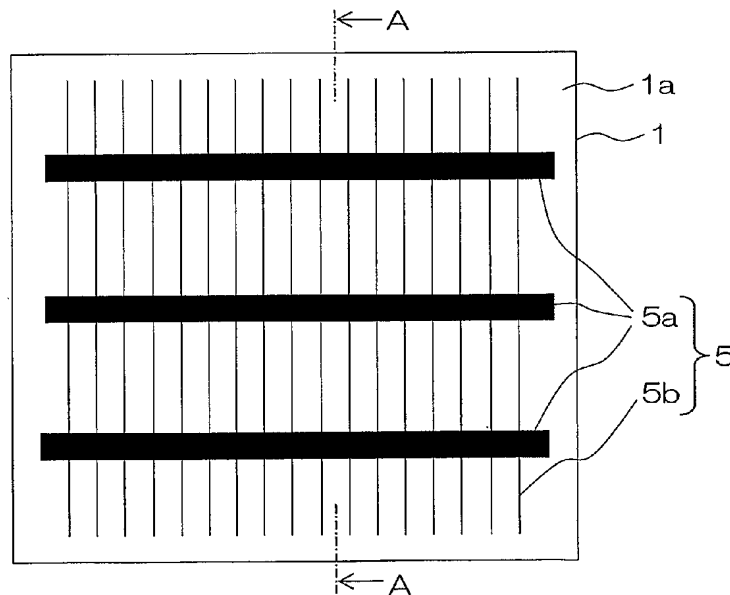
(10) 国際公開番号  
WO 2005/093855 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 31/042 6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地 Kyoto (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/006548 (72) 発明者; および
- (22) 国際出願日: 2005 年 3 月 29 日 (29.03.2005) (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤井 修一 (FUJII, Shuichi) [JP/JP]; 〒5278555 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野 1 1 6 6 番地の 6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内 Shiga (JP). 猪股 洋介 (INOMATA, Yosuke) [JP/JP]; 〒5278555 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野 1 1 6 6 番地の 6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内 Shiga (JP). 坂元 智成 (SAKAMOTO, Tomonari) [JP/JP]; 〒5278555 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野 1 1 6 6 番地の 6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内 Shiga (JP). 新楽 浩一郎 (NIIRA, Koichiro) [JP/JP]; 〒5278555 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野 1 1 6 6 番地の 6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内 Shiga (JP). 府川 祐子 (FUKAWA, Yuko) [JP/JP]; 〒5278555 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野 1 1 6 6 番地の 6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内 Shiga (JP). 森田 裕司 (MORITA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-096809 2004 年 3 月 29 日 (29.03.2004) JP  
特願2004-173178 2004 年 6 月 10 日 (10.06.2004) JP  
特願2004-172852 2004 年 6 月 10 日 (10.06.2004) JP  
特願2004-173177 2004 年 6 月 10 日 (10.06.2004) JP  
特願2004-194779 2004 年 6 月 30 日 (30.06.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒

[続葉有]

(54) Title: SOLAR CELL MODULE AND PHOTOVOLTAIC POWER GENERATOR USING THIS

(54) 発明の名称: 太陽電池モジュール及びこれを用いた太陽光発電装置



(57) Abstract: A surface electrode (5) is installed on the light receiving surface of a solar cell element, the surface electrode (5) comprises three bus bar electrodes (5a) for retrieving light-produced current produced at the solar cell element to the outside and collecting finger electrodes (5b) connected to these bus bar electrodes (5a), and the bus bar electrodes (5a) are 0.5 mm through 2 mm in width and the finger electrodes (5b) are 0.05 mm through 0.1 mm in width. A high-efficient solar cell module can be obtained with substantially lowered resistance by increasing the number of bus bar electrodes (5a) and thereby decreasing the lengths of the finger electrodes (5b).

[続葉有]

WO 2005/093855 A1



5278555 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野 1 1 6 6 番地の 6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内 Shiga (JP). 西浩二 (NISHI, Koji) [JP/JP]; 〒5278555 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野 1 1 6 6 番地の 6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内 Shiga (JP). 屋敷 達也 (YASHIKI, Tatsuya) [JP/JP]; 〒5278555 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野 1 1 6 6 番地の 6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内 Shiga (JP). 山下 満雄 (YAMASHITA, Mitsuo) [JP/JP]; 〒5278555 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野 1 1 6 6 番地の 6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内 Shiga (JP). 福井 健次 (FUKUI, Kenji) [JP/JP]; 〒5278555 滋賀県東近江市蛇溝町長谷野 1 1 6 6 番地の 6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内 Shiga (JP).

(74) 代理人: 稲岡 耕作, 外 (INAOKA, Kosaku et al.); 〒5410054 大阪府大阪市中央区南本町 2 丁目 6 番 1 2 号 サンマリオン N B F タワー 2 1 F あい特許事務所内 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 本発明の太陽電池素子の受光面には、表面電極 5 が配設され、この表面電極 5 は、太陽電池素子で生じた光生成電流を外部へ取出すための 3 本のバスバー電極 5 a と、これらのバスバー電極 5 a に接続される集電用のフィンガー電極 5 b とを含んでなり、前記バスバー電極 5 a はその幅が 0.5 mm 以上 2 mm 以下であり、かつ、前記フィンガー電極 5 b はその幅が 0.05 mm 以上 0.1 mm 以下である。バスバー電極 5 a の本数を増やすことにより、フィンガー電極 5 b の長さを短くすることによって、実質の抵抗値を下げ、高効率の太陽電池モジュールが得られる。

## 明 細 書

## 太陽電池モジュール及びこれを用いた太陽光発電装置

## &lt;技術分野&gt;

本発明は、受光面側に表面電極を有した太陽電池素子を用いた太陽電池モジュール及び  
5 これを用いた太陽光発電装置に関するものである。

## &lt;背景技術&gt;

太陽電池は入射した光エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。

太陽電池のうち主要なものは使用材料の種類によって結晶系、アモルファス系、化合物系等に分類される。このうち、現在市場で流通しているのはほとんどが結晶系シリコン太陽電池である。この結晶系シリコン太陽電池はさらに単結晶型、多結晶型に分類される。  
10 単結晶型のシリコン太陽電池は基板の品質がよいために高効率化が容易であるという長所を有する反面、基板の製造が高コストになるという短所を有する。

これに対して多結晶型のシリコン太陽電池は基板の品質が劣るために高効率化が難しいという短所はあるものの、低コストで製造できるという長所がある。また、最近では多結晶シリコン基板の品質の向上やセル化技術の進歩により、研究レベルでは18%程度の変換効率が達成されている。  
15

一方、量産レベルの多結晶シリコン太陽電池は低コストであったため、従来から市場に流通し、現在、太陽電池の主流製品となっている。

近年、太陽電池に対してより高い変換効率が求められるようになってきている。そこで、受光面に配置される表面電極（バスバー電極、フィンガー電極）に対して様々な工夫がなされている。  
20

例えば、細線化させて光学ロス（反射ロス）を減少させたり、フィンガー電極に集められた電子をできる限り損失なくバスバー電極に運ぶためにそれぞれの電極同士を直交させて設けたりすることが一般的に行われてきた。

しかし太陽電池には更なる高効率化が求められており、その1つの手段として表面電極の電極面積を減少させることによって、受光面積を向上させようとするものである。  
25

しかし、上述したように電極面積を減少させるために、特にフィンガー電極を細線化した場合、電極内での抵抗が上昇することによるロスが発生するという問題がある。

この問題を解決するために、フィンガー電極を厚膜化することによって電極内の断面積を増やし、抵抗を下げるという方法が検討されている。しかし、電極形成をスクリーン印  
30

刷法で行う場合、その厚みには限界があるというのが実情であり、複数回の印刷や例えばスパッタ・蒸着といった高価な設備を使用した工程でしか所望の厚みは得られず、太陽電池素子の製造コストの上昇を招いてしまうという問題があった。

そこで、本発明は、バスバー電極の本数を増やすことにより、フィンガー電極の長さを短くすることによって、実質の抵抗値を下げることにより、高効率の太陽電池モジュール及びこれを用いた太陽光発電装置を提供することを目的とする。

また、通常、太陽電池素子は単体で使用されることは少なく、複数枚接続して太陽電池モジュールとして使用されるのが一般的である。現在最も市場に流通しているシリコン太陽電池素子でも、1枚では600mV程度と電圧が低く、このままでは実用的ではないため、セル同士を直列に接続して電圧を大きくする必要があるからである。

この太陽電池モジュールの用途は様々であるが、現在最も一般的なのは、一般の住宅の屋根に太陽電池モジュールを複数枚設置して使用する用途である。このように使用する場合、限られた設置面積の中で効率よく発電させるために、高効率の太陽電池モジュールが要求されるとともに、家の外観を左右するため、意匠性が高く美観にすぐれた太陽電池モジュールが求められる。

高効率の太陽電池モジュールを得るためには、高効率の太陽電池素子を使用するほかに、太陽電池モジュール表面のガラスに凹凸を形成したり、ガラス表面上に反射防止膜を形成したりして、光を有効に太陽電池モジュール内に取り込む提案がなされている（例えば、特許文献1参照）。

また、太陽電池モジュールの裏面の保護部材に光の散乱・反射効果を高めるなどの方法も提案されている（例えば、特許文献2参照）。

さらに、太陽電池モジュール内の太陽電池素子の裏面に位置する充填材10もしくは裏面保護材11を白色にすることにより、光の散乱・反射効果を高めることも一般的に行われている。

また、意匠性の高いモジュールを得るため、上記のように太陽電池モジュール表面のガラスに凹凸を形成したり、ガラス表面上に反射防止膜を形成したりすることは効果がある（例えば、特許文献1参照）。

さらに、太陽電池モジュール内に防眩膜を配置することにより、太陽電池モジュール表面の映り込みや光公害を防止し、光沢度を低く抑えることも提案されている（例えば、特許文献3参照）。

[1] 特開2003-124491号公報

[2] 特開2003-234484号公報

[3] 特開2001-203378号公報

図16は、従来の太陽電池モジュールの受光面端部を示し、図17は、同裏面端部を示した図である。

また図18、図19は従来の太陽電池モジュールの断面を示した図である。

図18は、図16及び図17のG-G線断面図、図19は図16及び図17のH-H線の断面図である。

各図において、Xは太陽電池素子、8は配線材、6は接続部材、7は端子ボックス、10は充填材を示す。

太陽電池素子の接続のためには表面の電極と他の太陽電池素子の裏面の電極とを配線材により接続する。

この配線材8を太陽電池に接続するため、通常、太陽電池素子のこの配線材8が通るところにバスバー電極を設ける。さらに太陽電池素子表面から電流を効率よく拾うためにバスバー電極に接続される多数の細いフィンガー電極を形成する。

また、配線材8は一般に銅箔に半田被覆を施した材料が用いられ、この半田により太陽電池素子表面のバスバー電極に溶着される。配線材8を接続する接続部材6も配線材8と同様に、銅箔を半田で被覆した材料が用いられることから、図16に示されるように、太陽電池モジュールを受光面側から見たときには半田の金属光沢をもつ配線材8と接続部材6が見えることになる。

一方、太陽電池素子は高効率化のために表面を粗面状にしたり、反射防止膜を形成するなどして、反射率を下げ太陽光を有効に取り込む工夫がなされている。そのため太陽電池素子の表面は青から黒に近い濃紺の色合いになる。

さらに、前述のように太陽電池モジュールの特性向上のために、太陽電池モジュール内の太陽電池素子の裏面に位置する充填材10もしくは裏面保護材11を白色にすることにより、光の散乱・反射効果を高めることも一般的に行われている方法である。

よって受光面側から太陽電池モジュールを見たときには、太陽電池素子の間は白色になっている場合が多い。この色彩の違いは太陽電池モジュールの意匠性を低下させる一因となっている。

この問題を解決するために、配線材8や接続部材6の表面を着色した樹脂層で被覆した

り（例えば、特許文献4参照）、太陽電池素子を接続した配線材8の上から反射光制御膜を設ける（例えば、特許文献5参照）ことによって、配線材8や接続部材6を目立たないものにするという提案がなされている。

また透光性パネル9の太陽電池素子と対向する部分を除いた箇所に着色を施すことによって、配線材8や接続部材6、及び太陽電池素子間に見える裏面材料が視認されることを防止するとの提案もなされている（例えば、特許文献6参照）。

さらに、接続部材6の表面を白色のシートで覆うことにより、接続部材6を太陽電池素子間の裏面材料と同一色にするという工夫もなされている。

[4] 特開2001-339089号公報

10 [5] 特開平10-323344号公報

[6] 特開平7-326789号公報

太陽電池モジュール表面のガラスに凹凸を形成したり、ガラス表面上に反射防止膜を形成したりする場合、太陽光が有効に取り込まれるとともに、光公害の問題を抑止することができる。しかしながら、ガラスの材料費が上昇したり、ガラスの表面に反射防止膜を形成するための大型の装置が必要になったり、工程が増加することによる製造コストが上昇したりする問題があった。また、ガラスの表面に凹凸を形成する場合、太陽電池モジュールを屋外に設置し、風雨にさらされることにより付着するごみや埃などの汚れがたまりやすく、太陽電池モジュールに入射する太陽光を遮り、太陽電池モジュールの出力特性を低下させるなどの問題が発生することもある。

20 また太陽電池モジュール内に防眩膜を設置する場合も同様に、光公害の問題を抑止することはできるものの、使用する材料が増え、製造コストが上昇するという問題があるとともに、太陽電池モジュール内の太陽電池素子の裏面に位置する充填材10もしくは裏面保護材11を白色にすることにより、光の散乱・反射効果を高めるという効果を得ることができず、太陽電池モジュールの特性向上の妨げになっていた。

25 さらに、配線材8や接続部材6の表面を着色した樹脂層で被覆したり、太陽電池素子を接続した配線材8の上から反射光制御膜を設けたりする方法によれば、配線材8や接続部材6を目立たないものにすることができる。しかしながら、配線材8や接続部材6の表面に樹脂層を被覆するため、材料費や工程が増加する問題や、配線材8でつながれた太陽電池素子のすべてに成膜するための大型の設備などが必要になり、製造コストが上昇するとい

30 う問題があった。

また、透光性パネル9の太陽電池素子と対向する部分を除いた箇所に着色を施すという方法によれば、配線材8や接続部材6、及び太陽電池素子間に見える裏面材料が視認されることを防止することができる。しかしながら、透光性パネル9へ着色する工程の増加を招くとともに、予め所定箇所に着色が施された透光性パネル9と配線材8によって接続された太陽電池素子の位置合わせを行う必要があり、工程が煩雑になるという問題もあった。さらに、太陽電池モジュール内の太陽電池素子の裏面に位置する充填材10もしくは裏面保護材11を白色にすることにより、光の散乱・反射効果を高めるという効果を得ることができず、太陽電池モジュールの特性向上の妨げになっていた。

このように高効率かつ意匠性が高い太陽電池モジュールを、低コストで製造することは、市場要求が高いものの、実現が難しかった。

本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであり、高効率かつ意匠性が高く美観に優れるとともに、低コストで製造することができる太陽電池モジュール及びこれを用いた太陽光発電装置を提供することを目的とする。

#### <発明の開示>

本発明にかかる太陽電池モジュールは、透光性パネルと、裏面保護材と、前記透光性パネルと前記裏面保護材との間に配列され、互いに電氣的に接続された複数枚の板状の太陽電池素子と、前記太陽電池素子の間隙を充填する充填材とを備えた太陽電池モジュールであって、前記太陽電池素子の受光面には、表面電極が配設され、この表面電極は、前記太陽電池素子で生じた光生成電流を外部へ取出すための3本のバスバー電極と、これらのバスバー電極に接続される集電用のフィンガー電極とを含んでなり、前記バスバー電極はその幅が0.5mm以上2mm以下であり、かつ、前記フィンガー電極はその幅が0.05mm以上0.1mm以下であることを特徴とする。

この構成によれば、太陽電池素子の受光面の光のエネルギーロスを防止するため、フィンガー電極の線の幅を細くした場合、バスバー電極が2本では、フィンガー電極における直列抵抗成分によって曲線因子FFが悪化する傾向があるが、バスバー電極を3本とすることにより、フィンガー電極の長さを短くすることができ、フィンガー電極の直列抵抗成分による曲線因子FFの悪化を抑制できる。したがって、出力が高く高効率の太陽電池モジュールを得ることができる。

前記太陽電池素子は、好ましくは、一辺が100mm以上350mm以下、他辺が100mm以上350mm以下の矩形状をしている。

また前記フィンガー電極の幅が $0.05\text{ mm}$ 以上 $0.1\text{ mm}$ 以下であることがさらに好ましい。

そして、本発明の太陽電池モジュールは、好ましくは前記フィンガー電極が前記充填材と接触しているものである。このようにすることにより、フィンガー電極への水分や酸素の接触を防ぎ、長期信頼性を向上させるとともに、太陽電池モジュールの美観を向上させることができる。

さらに、本発明の太陽電池モジュールは、前記太陽電池素子の受光面側に、シート抵抗が $60\ \Omega/\square$ 以上 $300\ \Omega/\square$ 以下の逆導電型拡散層が形成されていることが好ましい。 $60\ \Omega/\square$ 未満であれば、短絡電流 $I_{sc}$ が向上せず、 $300\ \Omega/\square$ を超えると太陽電池素子表面の全面にわたって均一な逆導電型拡散層を形成することが難しくなる。

さらに、本発明の太陽電池モジュールは、前記太陽電池素子の受光面側に、幅と高さがそれぞれ $2\ \mu\text{m}$ 以下で、アスペクト比が $0.1\sim 2$ の微細な凹凸が多数形成されていることが好ましい。受光面にこのような凹凸を設けることにより、反射率を低減し、太陽電池素子の短絡電流を向上させることができる。

また、本発明によれば、前記バスバー電極及び／又はフィンガー電極（表面電極という）と前記半導体領域との接触面のエッジ線を、前記表面電極を流れる電流の方向に対して連続的に移動したときの軌跡線は、この軌跡線の接線方向と前記電流方向とが一致しない領域を少なくとも一部に含むことが好ましい。

さらに具体的に言えば、前記表面電極と前記半導体領域との接触面のエッジ線は、凹凸状の屈曲を有しているものである。

本構成によれば、表面電極を流れる電流方向と略垂直な面と、この表面電極のエッジ線との交点を前記電流方向に対して連続的に移動したときの軌跡線は、この軌跡線の接線方向と前記電流方向とが一致しない領域を少なくとも一部に含むようにしている。これによって、表面電極のエッジ線（該電極が半導体領域となすコンタクト領域のエッジ線）が、直線形状のときに比べて、エッジの長さが実質的に増大する。したがって、表面電極と半導体の実質的な接触面積が増えるので両者接触部のコンタクト抵抗を有効に低減することができ、この太陽電池素子を用いた太陽電池は高効率なものとなる。

前記接触面は、前記表面電極の前記フィンガー電極と前記半導体領域とが接触して構成され、前記フィンガー電極と前記半導体領域との接触面の面積を $S_1$ 、前記フィンガー電極を流れる電流方向に略垂直な複数の切断面で切断して形成されるそれぞれの切断面内にお



ける前記接触面のエッジ線間距離の平均値を  $d_1$ 、および前記エッジ線の全長を  $L_1$  としたときに、これらが次式の関係を満たすフィンガー電極を少なくとも一つ有することが好ましい。

$$0.5 L_1 (S_1 \cdot d_1^{-1} + d_1)^{-1} > 1.2$$

- 5 このように特に表面電極の中でも集電の役割を主として果たすフィンガー電極と半導体基板との接触面において、前記式を満たすようにすることにより、接触面の有効面積を明らかに増加させて、コンタクト抵抗の低減を図ることができるため、光電変換素子の出力特性を向上させることができる。

- 10 前記接触面のエッジ線の形状は、この接触面を形成するフィンガー電極の中心線であって、このフィンガー電極の電流方向と同方向をなす中心線を挟んで非対称となるようにした部分を少なくとも一部に有することが好ましい。このようにすれば、フィンガー電極の幅が特に狭くなる部分をなくすことができるので、フィンガー電極の線抵抗を高めることがない。

- 15 前記接触面は、前記バスバー電極と前記半導体領域とが接触して構成され、この接触面を光入射面の鉛直方向から平面視したときの、エッジ線の全長を  $L_2$ 、接触面の面積を  $S_2$  とし、前記光入射面全体を光入射面の鉛直方向から平面視したときの面積を  $S_3$  としたときに、これらが次式の関係を満たすことが好ましい。

$$L_2 > 5 S_3^{1/2}$$

$$0.015 < S_2 / S_3 < 0.050$$

- 20 この接触面を平面視したときエッジ線の長さ  $L_2$  が長ければ、バスバー電極の電子電流が集中して流れる領域（面積）を実質的に拡張（増大）することができ、バスバー電極と半導体基板との間の接触抵抗（コンタクト抵抗）を低減させることができ、太陽電池素子の変換効率を上げることができる。

- 25 ただしエッジ線の全長の総和  $L_2$  を単に増やしただけでは、バスバー電極が光入射面を遮ってしまい、逆に光の入射量を減少させることになる。したがって、接触面のエッジ線を鉛直方向から平面視したときの面積  $S_2$  が、光入射面を平面視したときの面積  $S_3$  に対して、比率が 0.050（5%）よりも小さくなるようにする。

なお、それぞれ「平面視」という限定を付けているのは、表面の凹凸やうねりを無視するためである。

前記バスバー電極及び／又はフィンガー電極を受光面側の鉛直方向から平面視したときの面積を  $S_a$ 、前記太陽電池素子の受光面のうち、前記表面電極が設けられた領域の表面積を  $S_b$  としたときに、

$$1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10$$

5    の関係を満たすことが好ましい。

この式は、表側電極の面積に対して、この表側電極が設けられた領域における太陽電池素子の受光面の表面積の比率が  $1.10$  より大きく  $2.10$  よりも小さくなる範囲とすることを示すものであり、これによって、表側電極と太陽電池素子との実質的な接触面積が増大し、直列抵抗成分による電気的なロスによる悪影響を軽減することができるから、曲線因子  $FF$  を悪化させることない。

この結果として、本発明の太陽電池素子は、表側電極による光学的なロスを減少させるとともに、短絡電流密度と曲線因子とを適正なバランスを保って向上させるので、良好な変換効率を得ることができる。

また、本発明の太陽電池モジュールは、透光性パネルと、裏面保護材と、前記透光性パネルと前記裏面保護材との間に配列され、互いに電氣的に接続された複数枚の板状の太陽電池素子と、前記複数の太陽電池素子のうち隣接する太陽電池素子同士を電氣的に接続する複数の配線材と、前記複数の配線材同士を電氣的に接続する接続部材とを備え、前記接続部材は、前記太陽電池素子の裏面側と前記裏面保護部材との間に配置されているものである。

20    このように、接続部材は、太陽電池素子と裏面保護部材との間の位置で、すなわち非受光位置で、配線材同士を接続する。この構成によって、太陽電池モジュール全体の面積を小さくすることが可能になる。それとともに、配線材と太陽電池素子間によって構成される長さの異なるラインを形成することを防止することができ、太陽電池モジュールの意匠性はなお一層向上する。

25    このように本発明によれば、部材の追加や工程の増加を招くことなく、簡易な方法で意匠性の高い高効率の太陽電池モジュールを得ることができるようになる。よって、高効率かつ意匠性が高く美観に優れるとともに低コストで製造可能な太陽電池モジュールが実現する。

30    また本発明は、外観の印象がシステムの印象を決める太陽電池モジュールで特にその効果を有効に発揮するため、1辺が  $1\text{ m}$  程度もしくはそれ以上の大型の太陽電池モジュール

に対し特に有効である。このように1辺が長いモジュールに適用すれば、高い発電効率を得られるばかりでなく、太陽電池素子間と配線材によって構成される、太陽電池モジュールを貫通したラインの印象を高め、意匠性の高いモジュールとなる。

前記複数の太陽電池素子の面積の合計は、前記太陽電池モジュールの受光面側面積に対して91.9%以上97.7%以下であることが好ましい。この範囲としたことによって、太陽電池素子同士の電気的な接続を確保した状態で、太陽電池モジュール内の太陽電池素子の充填率を高くすることができる。したがって、太陽電池モジュールの全体の印象を太陽電池素子の色彩にすることが可能となり、太陽電池素子の意匠性を向上させることができるとともに、太陽電池素子の割合が高いことから太陽電池モジュールの発電効率（発電量／太陽電池モジュール面積）を向上させることが可能になる。

前記配列された複数の太陽電池素子のうち最外周に位置する太陽電池素子の端辺と、前記太陽電池モジュールの外周端との最短距離、もしくは前記配線材あるいは前記接続部材と前記太陽電池モジュールの外周端との最短距離のうち、距離の短い方が5mm以上11mm以下であることが好ましい。

この構成により、太陽電池素子の色合いと異なる太陽電池モジュール外周部分の比率を下げ、太陽電池モジュール全体の印象を、太陽電池素子表面の青から黒に近い濃紺といったダークな印象に抑えることが可能となり、太陽電池モジュールの意匠性をさらに向上させることができるとともに、太陽電池素子の割合が高いことから太陽電池モジュールの発電効率（発電量／太陽電池モジュール面積）を向上させることが可能になる。

前記複数の太陽電池素子の間隔は、前記配線材の幅に対して70%以上143%以下であることが好ましい。これにより、太陽電池素子間と配線材の幅を略同一にし、太陽電池モジュールの全体の印象としては、同一方向の複数のラインが貫通しているように見えるため、太陽電池素子の意匠性をさらに向上させることができるようになる。

受光面側から視認される前記複数の配線材の幅がすべて略同一であるようにすることによって、配線材のアンバランスを防止してなお一層、意匠性を向上させることができるようになる。

また配線材の幅を0.8mm以上2.0mm以下にすることによって、配線材が目立つことを防止することができる。

また、本発明の太陽光発電装置は、前記太陽電池モジュールを1枚又は複数枚接続することにより電力を取り出す装置である。

<図面の簡単な説明>

図1 (a) は本発明に係る太陽電池モジュールに使用する太陽電池素子を裏面から見たときの図である。

5 図1 (b) は本発明に係る太陽電池モジュールに使用する太陽電池素子を表面から見たときの図である。

図2 は本発明に係る太陽電池素子の断面を示した図である。

図3 (a) は本発明に係る太陽電池モジュールの断面を示した図である。

図3 (b) は、図3 (a) の拡大断面図である。

図4 (a) は、太陽電池素子の光入射面側（表面側）の電極形状の一例を示す図である。

10 図4 (b) は (a) のC部において図2のB-B方向の断面で切ったときの部分拡大図である。

図5 は、フィンガー電極（特にそのエッジ線分）における電流経路を模式的に示す図である。

図6 (a)、図6 (b) は、本発明にかかる接触面の実施形態の例を示す図である。

15 図7 (a)、図7 (b)、図7 (c) は、本発明にかかる接触面の他の例を示す図である。

図8 は、本発明にかかるフィンガー電極の寸法構成において好ましい態様を説明するための図である。

20 図9 (a) は、本発明にかかるバスバー電極の寸法構成において好ましい態様を説明するための図である。

図9 (b) は、図9 (a) のD部の部分拡大図である。

図10 (a)、図10 (b) は、不規則な形状の太陽電池素子における、本発明にかかるバスバー電極を示す図である。

25 図11 (a) は本発明の太陽電池素子の受光面側（表面側）の電極形状の一例を示す拡大図であり、図4 (a) のE部の部分拡大図である。

図11 (b) は、図11 (a) のF-F方向の断面で切ったときの部分拡大図である。

図12 は、本発明の一実施形態に係る太陽電池モジュールの受光面側端部の部分拡大図である。

30 図13 は、本発明の一実施形態に係る太陽電池モジュールの非受光面側端部の部分拡大図である。

図14は、図12及び図13に示す本発明の太陽電池モジュールをG-G線で切ったときの矢視断面図である。

図15は、図12及び図13に示す本発明の太陽電池モジュールをH-H線で切ったときの矢視断面図である。

5 図16は、従来の太陽電池モジュールの受光面側端部の部分拡大図である。

図17は、従来の太陽電池モジュールの非受光面側端部の部分拡大図である。

図18は、図16及び図17に示す従来の太陽電池モジュールをG-G線で切ったときの矢視断面図である。

10 図19は、図16及び図17に示す従来の太陽電池モジュールをH-H線で切ったときの矢視断面図である。

<発明を実施するための最良の形態>

以下、本発明の太陽電池モジュールを添付図面に基づき詳細に説明する。

15 図1(a)、図1(b)は、太陽電池素子の電極形状の一例を示す断面図である。図1(a)は非受光面側(裏面)、図1(b)は受光面側(表面)を示す。図2は、太陽電池素子の断面構造を示すA-A断面図である。

1はp型のシリコン半導体基板、1aはn型拡散層、2は反射防止膜、3は半導体接合部、4aは裏面バスバー電極、4bは裏面集電用電極、5bは表面フィンガー電極、5aは表面バスバー電極を示す。

20 表面バスバー電極5aと、表面フィンガー電極5bとを合わせて「表面電極」又は「表面電極」という。裏面バスバー電極4aと裏面集電用電極4bとを合わせて「裏面電極」という。

ここで、太陽電池素子の製造工程を説明する。まず、単結晶シリコンや多結晶シリコンなどからなるp型半導体のシリコン基板1を準備する。このシリコン基板1は、ボロン(B)などの半導体不純物を $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 程度含有し、比抵抗 $1.0 \sim 2.0 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度の基板である。

30 単結晶シリコン基板の場合は引き上げ法などによって形成され、多結晶シリコン基板の場合は鋳造法などによって形成される。多結晶シリコン基板は、大量生産が可能であり、製造コスト面で単結晶シリコン基板よりも有利である。引き上げ法や鋳造法によって形成されたインゴットを $300 \mu\text{m}$ 程度の厚みにスライスして、 $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ 程度の大きさに切断してシリコン基板1とする。

その後、基板の切断面を清浄化するために表面をフッ酸やフッ硝酸などのごく微量エッチングする。

次に光入射面となる基板表面側に光反射率低減機能を有する凹凸構造を形成する。

凹凸によるこの反射率低減は、太陽電池素子の短絡電流向上に大変有効な手段である。

- 5 このとき、幅と高さがそれぞれ $2\mu\text{m}$ 以下で、アスペクト比が $0.1\sim 2$ の微細な凹凸が多数形成されていれば、特に有効に反射率を低減させ、太陽電池素子の変換効率を向上させることができる。

- この凹凸構造の形成にあたっては、上述の基板表層部を除去する際に用いる $\text{NaOH}$ 、 $\text{KOH}$ などのアルカリ液による異方性ウェットエッチング法を適用することができるが、  
10 シリコン基板がキャスト法などによる多結晶シリコン基板である場合は、基板面内での結晶面方位が結晶粒ごとにランダムにばらつくので、基板全域にわたって光反射率を効果的に低減せしめる良好な凹凸構造を一様に形成することは非常に困難である。この場合は、例えば $\text{RIE}$  (Reactive Ion Etching) 法などによるガスエッチングを行えば比較的容易に良好な凹凸構造を基板全域にわたって形成することができる。

- 15 次に、シリコン基板1を拡散炉中に配置して、オキシ塩化リン ( $\text{POCl}_3$ ) などの不純物元素を含むガス中で熱処理する。これにより、シリコン基板1の表面部分にリン原子を拡散させて、シート抵抗が $60\sim 300\Omega/\square$ 程度の逆導電型領域であるn型拡散層1aを形成する。シリコン半導体基板1とn型拡散層1aとの界面が半導体接合部3となる。このとき拡散層厚は $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ 程度とするが、これは拡散温度と拡散時間を調節  
20 することで、所望の厚さとすることができる。

シート抵抗が $60\Omega/\square$ 以下の場合、拡散層が深くなりすぎるので、短絡電流を充分向上させることができない。また、 $300\Omega/\square$ 以上の場合、拡散層が浅くなりすぎるため、後工程で電極を形成したときにpn接合が破壊されたり、逆に基板と電極の十分な密着強度が得られないなどの問題が発生する。

- 25 逆導電型領域1aの形成方法は熱拡散法に限定されるものではなく、例えば薄膜技術および条件を用いて水素化アモルファスシリコン膜や微結晶シリコン層を含む結晶質シリコン膜などを基板温度 $400^\circ\text{C}$ 程度以下で形成してもよい。ただし薄膜技術を用いて形成する場合は、以下に述べる各プロセスの温度を考慮して後段プロセス程低いプロセス温度となるようにその形成順序を決めることが必要である。

- 30 ここで水素化アモルファスシリコン膜を用いて逆導電型領域1aを形成する場合はその

厚さは50 nm以下、好ましくは20 nm以下とし、結晶質シリコン膜を用いて形成する場合はその厚さは500 nm以下、好ましくは200 nm以下とする。

5     なお、逆導電型領域1aを上記薄膜技術で形成するときは、p型バルク領域5と逆導電型領域1aとの間にi型シリコン領域（不図示）を厚さ20 nm以下で形成すると特性向上に有効である。

次に、シリコン基板1の表面側のみにn型拡散層1aを残して他の部分を除去した後、純水で洗浄する。このシリコン基板1の表面側以外に形成されたn型拡散層1aの除去は、シリコン基板1の表面側にレジスト膜を塗布し、フッ酸と硝酸の混合液を用いてエッチング除去した後、レジスト膜を除去することにより行う。

10     次に反射防止膜2を形成する。反射防止膜2の材料としては、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜、 $\text{TiO}_2$ 膜、 $\text{SiO}_2$ 膜、 $\text{MgO}$ 膜、ITO膜、 $\text{SnO}_2$ 膜、 $\text{ZnO}$ 膜などを用いることができる。厚さは材料によって適宜選択され入射光に対する無反射条件を実現する（材料の屈折率をnとし、無反射にしたいスペクトル領域の波長を $\lambda$ とすれば、 $(\lambda/n)/4=d$ が反射防止膜の最適膜厚となる）。例えば、一般的に用いられる $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜（ $n \approx 2$ ）の場合は、  
15     無反射目的波長を600 nmとすれば、膜厚を75 nm程度とすればよい。

反射防止膜2の製法としては、PECVD法、蒸着法、スパッタ法などを用い、温度400～500℃程度で形成する。なお反射防止膜2は、表面電極を形成するために所定のパターンでパターニングしておく。パターニング法としてはレジストなどマスクに用いたエッチング法（ウェットあるいはドライ）や、反射防止膜2形成時にマスクをあらかじめ  
20     形成しておき、反射防止膜2形成後にこれを除去する方法を用いることができる。

また別の方法として、反射防止膜2の上に直接電極材料を塗布し焼き付けることによって表面電極と逆導電型領域1aを接触させるいわゆるファイヤースルー法も一般的であり、この場合は前記パターニングの必要はない。この $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜には、形成の際には表面パッシベーション効果、その後の熱処理の際にはバルクパッシベーション効果があり、反射防  
25     止の機能と併せて、太陽電池素子の電気特性を向上させる効果がある。

そして、シリコン基板1の表面に銀ペーストを、裏面にはアルミニウムペーストおよび銀ペーストを塗布して焼成することにより、表面電極5および裏面電極4を形成する。

図1（a）に示されるように裏面電極4は、裏面から出力を取り出すための裏面バスバー電極4aと裏面集電用電極4bとからなる。

30     また、図1（b）に示されるように表面電極5は、表面から出力を取り出すための表面

バスバー電極5 a と、これに直交するように設けられた集電用の表面フィンガー電極5 b とからなる。

裏面集電用電極4 bは、アルミニウム粉末と有機ビヒクルとガラスフリットをアルミニウム100重量部に対して、それぞれ10～30重量部、0.1～5重量部添加してペースト状にしたアルミニウムペーストを、例えばスクリーン印刷法で印刷し、乾燥後に600～800℃で1～30分程度焼成することにより焼き付けられる。このときにシリコン基板1中にアルミニウムが拡散して、裏面で発生したキャリアが再結合することを防ぐ裏面電界層が形成される。

また、裏面バスバー電極4 a、表面バスバー電極5 a、表面フィンガー電極5 bは、銀粉末と有機ビヒクルとガラスフリットを銀100重量部に対してそれぞれ10～30重量部、0.1～5重量部を添加してペースト状にした銀ペーストを、例えばスクリーン印刷法で印刷し、乾燥後に同時に600～800℃で1～30分程度焼成することにより焼き付けられる。

なお、表面電極5は、反射防止膜2の電極に相当する部分をエッチング除去してから形成してもよいし、もしくは反射防止膜2の上から、ファイヤースルーという手法によって直接形成してもよい。

ここで本発明に係る太陽電池素子では、3本のバスバー電極5 aが存在する。受光面の光のエネルギーロスを防止するため、フィンガー電極5 bの線の幅を細くした場合、バスバー電極5 aが2本では、フィンガー電極5 bにおける直列抵抗成分によって曲線因子F Fが悪化する傾向があるが、バスバー電極5 aを3本とすれば、フィンガー電極5 bの長さを短くすることができ、フィンガー電極5 bの直列抵抗成分による曲線因子F Fの悪化を抑制できる。

前記バスバー電極5 aの幅は0.5 mm以上2 mm以下がよく、フィンガー電極5 bはその幅が0.05 mm以上0.1 mm以下とするとさらに好ましい。

バスバー電極5 aの幅が0.5 mmに満たない場合、バスバー電極の抵抗が高くなるとともに、後工程でバスバー電極上に接続される配線材8の抵抗が高くなってしまうため不適である。逆に2 mmを越える場合、バスバー電極内の抵抗を十分に低下させることは可能であるが、過剰な太さとなり、表面電極の電極面積の増加による、受光面面積の減少によって、太陽電池素子の変換効率の低下を招くため不適である。

フィンガー電極5 bの幅が0.05 mmに満たない場合、フィンガー電極内の抵抗が高



くなるため不適である。逆に0.1 mmを越える場合、フィンガー電極内の抵抗を十分に低下させることは可能であるが、過剰な太さとなり表面電極の電極面積の増加による、受光面面積の減少によって、太陽電池素子の変換効率の低下を招くため不適である。

上述した本発明に係る太陽電池モジュールでは、太陽電池素子の電極表面をはんだで覆  
5 っていない例によって説明したが、電極表面ははんだで覆われていても構わない。

以上のプロセスによって形成された太陽電池素子一枚では発生する電気出力が小さいため、複数の太陽電池素子を直並列に接続して太陽電池モジュールとし、実用的な電気出力が取り出せるようにする必要がある。

太陽電池モジュールの一例として、図3 (a) に、図2の太陽電池素子Xを組み合わせ  
10 て構成した太陽電池モジュールYの断面図を示す。

図3 (a) に示すように、複数の太陽電池素子Xは、配線材8によって電氣的に接続され、透光性パネル9と裏面保護材11との間に設置される。

ここで透光性パネル9としては、ガラスやポリカーボネート樹脂などが用いられる。ガラスとしては白板ガラス、強化ガラス、倍強化ガラス、熱線反射ガラスなどが用いられる  
15 が、一般的には厚さ3 mm～5 mm程度の白板強化ガラスが多く使用される。ポリカーボネート樹脂の場合、厚みが5 mm程度のものが多く使用される。

充填材10としては、透光性、耐熱性、電気絶縁性を有する素材が好適に用いられ、酢酸ビニル含有量20～40%のエチレンビニルアセテート共重合体(EVA)のほか、ポリビニルブチラール(PVB)などを主成分とする、厚さ0.4～1 mm程度のシート状  
20 形態のものが用いられる。充填材10は、太陽電池モジュールの作製に当たっては、太陽電池素子の表側と裏側の双方に配されることが多く、これらは減圧下でのラミネート工程において、熱架橋融着して他の部材と一体化する。

裏面保護材11は、水分を透過しないようにアルミ箔を挟持した耐候性を有するフッ素系樹脂シートやアルミナ又はシリカを蒸着したポリエチレンテレフタレート(PET)シ  
25 ートなどが用いられる。

配線材8は、例えば、銅箔を主体としその表面に半田がコートされた導電性の材質からなる。これを所定の長さに切断し、太陽電池素子の出力取出電極であるバスバー電極5aおよび裏側の裏面出力電極4aに半田付けして用いる。

図3 (b) に、図3 (a) の太陽電池モジュールYの内部構造の部分拡大図を示す。

30 図3 (b) に示すように、太陽電池素子X1の表面バスバー電極5aと、隣接する太陽

電池素子X 2の裏面バスバー電極4 a とを3本の配線材8（図は断面図なので1本のみ示している）によってそれぞれ接続して、複数の太陽電池素子X同士が電氣的に接続されている。

5 配線材8は、例えば、その表面全体に20～70  $\mu\text{m}$ 程度の半田を被覆した厚さ100～300  $\mu\text{m}$ 程度の銅箔を所定の長さに切断したものを用いる。

実際に配線材8を配線するには、まず、配線材8の一端を太陽電池素子のバスバー電極5 a にホットエアーやホットプレートなどにより半田付けで接着する。続いて、この配線材8の他端をモジュールにしたときに隣接する太陽電池素子の裏面バスバー電極4 a に同様に半田付け接着する。これを繰り返して複数の太陽電池素子を接続した太陽電池素子群を作製する。

本発明においては、あらかじめ太陽電池素子Xのバスバー電極4 a、5 a の表面には半田を被覆しておかず、配線材8に被覆されている半田を溶融させることにより、太陽電池素子Xと配線材8を接続している。

15 なお、太陽電池素子群の中に、本発明の太陽電池素子が少なくとも1つ含まれていれば効果を奏するが、発明の効果を良好に奏するためには、太陽電池素子群を構成する太陽電池素子全てが本発明の構造を有する太陽電池素子であることがより望ましい。

配線材8により集められた電流を外部に取り出すための出力配線の接続については、後に図12から図15を用いて詳しく説明する。

20 ここで、上述のような透光性パネル9、表側の充填材10、複数の太陽電池素子に配線材8や出力配線が接続された太陽電池素子群、裏側の充填材10、裏面保護材11の積層体を接着一体化する。

すなわち、各部材の積層体をラミネータと呼ばれる減圧状態で加熱しながら加圧する装置にセットした後、太陽電池モジュールの内部の空気を除去するために50～150 Pa 程度に減圧し、100～200℃の温度で15分～1時間加熱しながら加圧する。これによって、表側と裏側にそれぞれ配された充填材10が軟化し架橋融着するため、各部材を接着一体化し、太陽電池モジュールのパネル部を作製することができる。

さらに、上述の方法によって作製された太陽電池モジュールのパネル部の裏面に端子ボックスを接着剤により取り付ける。端子ボックスの構成についても、後に図12から図15を用いて詳しく説明する。

30 通常、太陽電池モジュールのパネル部の各辺部に対してモジュール枠（不図示）が設け

られることが多い。モジュール枠は、アルミニウムの押し出し成形で造られることが多く、その表面にはアルマイト処理などが施される。そしてこのモジュール枠を太陽電池のパネル部の外周各辺に嵌め込み、各コーナー部をビスなどにより固定する。このようなモジュール枠を設けることによって、機械的強度や耐候性能を付与し、さらに、太陽電池モジュールを設置する場合などに取り扱いやすくすることができる。

以上によって、本発明の太陽電池モジュールが作製される。

次に、本発明にかかる太陽電池素子の表面電極の構造について、図面に基づき詳細に説明する。

図4 (a) は本発明にかかる太陽電池素子の光入射面側（受光面側、表面側）の電極形状の一例を示す図である。

図4 (b) は、図4 (a) のC部において、図2のB-B方向の断面で切ったときの部分拡大断面図である。

図4 (b) に示すように、フィンガー電極5 bと半導体基板1とが接触する面を「接触面2 2 a」という。フィンガー電極5 bを流れる電流方向を「I」とする。電流方向Iに垂直な面を「J」とする。この垂直面Jが、接触面2 2 aのエッジ線2 2 bと交わる交点Pを、電流方向Iに沿って連続的に移動したときの軌跡線（本図面の例においてはエッジ線2 2 bと一致する）の少なくとも一部に凹凸状の屈曲が設けられている。

このように接触面2 2 aのエッジ線2 2 bに凹凸状の屈曲を設けたことによって、フィンガー電極5 bと半導体基板1との間の接触抵抗（コンタクト抵抗）を低減させることができる。

以下、その理由について考察する。

図5は、フィンガー電極5 bのエッジ線分における電流経路を模式的に示すための、垂直面Jにおける断面図である。図5において5 bはフィンガー電極、1はp型バルク半導体基板、1 aは逆導電型領域、2は反射防止膜である。

図5において、主にp型バルク半導体基板1で生成した電子および正孔(hole)がp n接合によって分離されて、電子キャリアが逆導電型領域1 aに掃き集められ（正孔キャリアはp型バルク半導体基板1の裏面のp<sup>+</sup>領域側に掃き集められる：不図示）、この掃き集められた電子キャリアが逆導電型領域1 aを横方向（基板面に水平な方向）に流れて、電子電流としてフィンガー電極5 bに流れ込む様子を矢印で示している。

ここで図5に示したように、電子電流は、フィンガー電極5 bのエッジ線付近に集中し

て流れる傾向にある。この集中の程度は逆導電型領域 1 a のシート抵抗と表面電極／逆導電型領域 1 a のコンタクト抵抗との大小関係によって決まる。

すなわち逆導電型領域 1 a からフィンガー電極 5 b に電子が流れ込む位置（電子が両者の界面を横切る位置）が異なる任意の電流経路を考えた場合に、この電流経路の全抵抗を  
5 考える。

シート抵抗起源の抵抗に比べて、コンタクト抵抗起源の抵抗が十分に小さければ（通常はこの条件が実現している）、電流は最も抵抗ロスが少ない経路を選んで流れるので、電子電流は図 5 に示したようにフィンガー電極 5 b のエッジ線分に集中して流れる。もし経路全抵抗に占めるコンタクト抵抗起源の抵抗が非常に大きければ（まれにコンタクト特性  
10 が悪い不良セルなどの場合）、電子電流がエッジ線分に集中する程度は弱まり、より広い接触範囲に渡って流れるようになる（図 5 に破線で示す）。

ここで、本発明においては、図 4（b）に示すように、上述した軌跡線（エッジ線 2 2 b）の少なくとも一部に凹凸状の屈曲が設けられている。このような構成としたので、図 5 に示したように、フィンガー電極 5 b のエッジ線分の電子電流が集中して流れる領域を  
15 実質的に拡張することができる。その結果、表面電極と半導体基板 1 との間の接触抵抗（コンタクト抵抗）を低減させることができる。

なお、本件に関わる通常のコンタクト特性が実現している場合について言えば、コンタクト抵抗  $R_c$  [Ω] は、面コンタクト抵抗  $R_{cs}$  [Ω・cm<sup>2</sup>] と接触面積  $S_c$  [cm<sup>2</sup>] とを用いて、次のように書ける。

$$20 \quad R_c = R_{cs} / S_c$$

ここで接触面積  $S_c$  をコンタクト幅  $W_c$ （図 5 において紙面に垂直な方向）とコンタクト奥行き  $D_c$ （図 5 においてコンタクトエッジ線からフィンガー電極 5 b の内部に向かう紙面に平行な方向）によって  $S_c = W_c \times D_c$  と書き表せば、前式は次のように表現される。ここで  $D_c$  は図 5 中のコンタクト有効幅に対応している。

$$25 \quad R_c = R_{cs} / (W_c \times D_c)$$

すなわち  $W_c$  を増大させれば  $R_c$  を低減させることができ、本発明によればこの  $W_c$  を有効に増大させることが可能になる。

なお、一般に  $D_c$  の値を知ることは非常に困難であるが、この場合は  $R_c$  の代わりに  $R_c \times D_c$  を用いて [Ω・cm] の単位で議論するのが好都合である。このようにすれば、  
30 測定可能な  $R_{cs}$  と  $W_c$  だけで  $R_c$  に比例した量の大小を議論できるからである（ $R_{cs}$

は四探針測定法により容易に測定することができる)。

これによれば上述の軌跡線 (エッジ線 2 2 b) に凹凸状の屈曲を設けない従来の構造では、 $R_c \times D_c$  が  $2 \sim 4 \Omega \cdot \text{cm}$  程度と見積もられる。これは、現在市場に売り出されている結晶シリコン系モジュールに使われている多結晶シリコン基板を用いた変換効率 1

- 5 5 % 程度の太陽電池素子について、変換効率に換算して約 0. 2 ~ 0. 3 % 程度のロス量と見積もられる。

それに対して本発明にかかる上述の軌跡線 (エッジ線 2 2 b) に凹凸状の屈曲を設けた構成では、接触面の抵抗は、この  $R_c \times D_c$  において、50 % 前後程度低減させることは比較的容易であり、これは変換効率に換算して、従来の構造よりも約 0. 1 ~ 0. 15 %

- 10 程度の改善となる。

本発明にかかる太陽電池素子においては、表面電極のパターンは、既に図 4 (b) で示したように、逆導電型領域 1 a と集電電極の接触面 2 2 a のエッジ線 2 2 b が、電流方向 I と略垂直な面 J に対して交わる点 P が、I 方向に向かって、少なくとも一部に凹凸状の屈曲を含む軌跡線を形成する。

- 15 このようなエッジ線 2 2 b を実現するには、具体的には、例えばペーストを用いた印刷焼成法を用いる場合には、図 4 (b) に示したような、接触面 2 2 a のエッジ線 2 2 b がジグザグ形状になるような所定の開口パターンを有するスクリーンを用いてスクリーン印刷を行い、上述したように焼き付ければよい。このようにすれば、既に述べたように集電電極の接触面 2 2 a のエッジ線 2 2 b の実効長さが長くなり、逆導電型領域 1 a との実質
- 20 的なコンタクト領域が増大するので、コンタクト抵抗を有効に低減することができる。

最後に、必要に応じて半田ディップ処理によって表面電極および裏面電極上に半田領域を形成する (不図示)。なお、半田材料を用いない半田レス電極とする場合は半田ディップ処理を省略する。

- 25 なお、図 4 (b) に示した例では、表面電極と半導体基板 1 とが接触した接触面 2 2 a のエッジ線 2 2 b に設けた凹凸状の屈曲として、三角形を連続的につけた三角波状のジグザグとなった形状としたが、例えば、図 6 (a) に示すように、エッジ線 2 2 b が三角形を断続的につけた形状や、図 6 (b) に示すように、曲線によって形成されていてもよい。このように多角形、矩形、曲線、あるいはこれらの組合せによってエッジ線 2 2 b を形成することが可能である。

- 30 また、接触面 2 2 a のエッジ線の形状は、接触面 2 2 a を形成する表面電極の中心線 (こ

の表面電極の電流方向 I と同方向をなす中心線) を挟んで非対称となるようにしたほうがさらに好ましい。

図 7 (a) ~ 図 7 (c) は、フィンガー電極 5 b と半導体基板 1 との接触面 2 2 a の形状とそのエッジ線 2 2 b を示す。

- 5 図 7 (a) では、中心線 K を挟んで、対向するエッジ線 2 2 b は、位相 (phase) がずれたジグザグ形状となっている。つまり互いに非対称の位置関係となっている。このようにすれば、フィンガー電極 5 b の幅が特に狭くなる部分をなくすることができるので、フィンガー電極 5 b の線抵抗を高めることもなく非常に有効である。

- 10 エッジ線 2 2 b の形状は、ジグザグ形状ばかりでなく、図 7 (b)、図 7 (c) に示すように多角形、矩形、曲線、あるいはこれらの組合せによって、そのエッジ線が、電流が流れる方向を挟んで非対称となるように形成することが可能である。

図 7 (a) ~ 図 7 (c) にはフィンガー電極 5 b の中心線を挟んで対称位置にあるエッジ線形状の位相差が半周期 ( $\pi$ ) とした場合について示したが、位相差は半周期に限る必要はない。フィンガー電極 5 b の括れ部分を少なくすることができればよい。

- 15 また、図 8 に示すように、フィンガー電極 5 b と半導体基板 1 が接触して構成される接触面 2 2 a の、エッジ線 2 2 b によって囲まれた面積を  $S_1$ 、エッジ線 2 2 b を電流が流れる方向 I に略垂直な複数の面で切断したとき、これらそれぞれの切断面中の 2 つの切断交点間の距離の平均値を  $d_1$ 、およびエッジ線 2 2 b の周囲の長さを  $L_1$  としたときに、これらが、次式の関係の有していることが望ましい。

$$20 \quad L_1 / 2 (S_1 \cdot d_1^{-1} + d_1) > 1.2 \quad (1)$$

(1) 式の意味について説明する。フィンガー電極 5 b と半導体基板 1 が接触して構成される接触面 2 2 a のエッジ線 2 2 b によって囲まれた面積  $S_1$  は、別の表現をすれば、接触面 2 2 a のエッジ線を鉛直方向から平面視したときの面積と言い換えることもできる。

- したがって、フィンガー電極 5 b の形状を矩形状と仮定した場合に、 $2 (S_1 \cdot d_1^{-1} + d_1)$  はこの矩形の外周の周囲の長さと等しくなる。

したがって、 $L_1$  をこれで割った

$$R = 0.5 L_1 (S_1 \cdot d_1^{-1} + d_1)^{-1}$$

は、本発明にかかる接触面 2 2 a のエッジ線 2 2 b（凹凸状の屈曲部を有している）の周囲の長さ、凹凸状の屈曲のない場合（矩形状の場合）の周囲の長さとの比となる。これはすなわちエッジ線 2 2 b の凹凸状の屈曲の程度を表す指標となる。

このように特に表面電極の中でも集電の役割を主として果たすフィンガー電極 5 b と半  
5 導体基板 1 との接触面 2 2 a において、そのエッジ線 2 2 b の周囲の長さ  $L_1$  が、同面積の矩形のエッジ線の周囲の長さに対して 1.2 倍以上にすることにより、接触面 2 2 a の有効面積を明らかに増加させて、コンタクト抵抗の低減を図ることができるため、光電変換素子の出力特性を向上させることができる。

なお、前記比率の上限値としては、3～5 とすることが望ましく、より望ましくは 3 に  
10 設定するのがよい。

$$R < 3 \sim 5$$

すなわち、半導体領域表面の凹凸構造が無視できるほど少なく、エッジ線 2 2 b が 2 次元構造をなす場合は、前記比率が上限値よりも大きくなると、必然的に、この凹凸状の凹部における線幅が細くなりすぎ線切れなどの問題を招来する。

また、エッジ線 2 2 b を、表面電極下の半導体領域表面の凹凸構造を反映させて 3 次元構造で形成する場合は、前記比率が上限値よりも大きくなると、該半導体表面の凹凸構造のアスペクト比（凹凸高さ／凹凸ピッチ）が大きくなりすぎることになるため、該凹凸構造の凸部でリークが発生しやすくなる。

上記に示した範囲 1.2～3～5 においては、これらのバランスが取れており発明の効  
20 果を良好に奏する。

なお、フィンガー電極 5 b の幅を測定する方法は、フィンガー電極 5 b を、その長さ方向に  $m$  等分（ $m \geq 6$ ）して、これらの平均値を求めればよい。例えば、図 8 の場合、フィンガー電極 5 b を  $d_{11} \sim d_{15}$  の 5 箇所を切断して 6 等分したものであり、これらの 5 箇所の平均値を  $d_1$  とすればよい。

$$25 \quad d_1 = \sum d_{1i} / n \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

なお、上述の説明では、表面電極として半導体基板 1 と接触して接触面 2 2 a を構成するフィンガー電極 5 b と、このフィンガー電極 5 b の少なくとも一端部が接続されるとともにこのフィンガー電極 5 b よりも線幅を太くした、出力取出用のバスバー電極 5 a と、を含んだ構造によって説明した。

30 しかし、このように表面電極として半導体領域と接触して接触面を構成するのは、フィ

ンガー電極に限るものではなく、バスバー電極に対しても同様に、半導体領域と接触して本発明に係る接触面を構成するようにすれば、さらに優れた効果を奏するので望ましい。

以下、本発明にかかるバスバー電極 5 a の好ましい構造について、図 9 (a), (b) を用いて説明する。

- 5 図 9 (a) は、本発明の太陽電池素子の光入射面側から表面電極を見た図である。図 9 (b) は図 9 (a) の D 部の部分拡大図である。

図 9 (b) に示すように、バスバー電極 5 a と半導体基板 1 (図 2 の断面構造図に示した) とが接触して構成される接触面 3 2 a について、エッジ線 3 2 b の全長の総和を  $L_2$ 、接触面 3 2 a のエッジ線 3 2 b を光入射面の鉛直方向から平面視したときの面積を  $S_2$ 、光  
10 入射面全体を光入射面の鉛直方向から平面視したときの面積を  $S_3$  としたときに以下の式が成り立つように構成すると望ましい。

$$L_2 > 5\sqrt{S_3} \quad (2)$$

$$0.015 < S_2/S_3 < 0.050 \quad (3)$$

まず、(2) 式について説明する。

- 15 これは、図 9 (b) に示すように、接触面 3 2 a を平面視したときの、エッジ線 3 2 b の全長の総和  $L_2$  が、この太陽電池素子の光入射面全体を平面視したときの面積  $S_3$  の平方根 (1/2 乗) の 5 倍よりも大きいことを表す。

図 9 (b) に示した例は、バスバー電極 5 a の一部分を拡大して示したものであり、実際のエッジ線 3 2 b の全長は、バスバー電極 5 a の全長に渡るものであり、さらに、この  
20 エッジ線 3 2 b の長さの総和  $L_2$  は、バスバー電極の本数の分だけ足し合わせる必要がある。

本発明において、この接触面 3 2 a を平面視したときエッジ線 3 2 b の長さが長いことは、このバスバー電極 5 a のエッジ線分の電子電流が集中して流れる領域 (面積) を実質的に拡張 (増大) することに相当する。これは、既に図 5 の説明において述べた推測のとおりである。この結果、バスバー電極 5 a と半導体基板 1 との間の接触抵抗 (コンタクト  
25 抵抗) を低減させることができ、太陽電池素子の変換効率を上げることができる。

このエッジ線 3 2 b の全長の総和  $L_2$  としては、この太陽電池素子の光入射面全体の面積  $S_3$  の平方根 (1/2 乗) の 5 倍よりも大きいことが望ましい。この条件は、図 9 (a) に示したように略正方形の太陽電池素子で、一辺の長さよりわずかに小さいバスバー電極 5 a が設けられている場合には、バスバー電極 5 a を 3 本以上とすれば達成できる。

- 30 しかし、エッジ線 3 2 b の全長の総和  $L_2$  を単に増やしただけでは、バスバー電極 5 a が



光入射面を遮ってしまい、逆に光の入射量を減少させることになる。

したがって、(3)式に示すように、接触面32aのエッジ線32bを鉛直方向から平面視したときの面積 $S_2$ が、光入射面を平面視したときの面積 $S_3$ に対して、比率が0.050(5%)よりも小さくなるようにする。

- 5     なお、それぞれ「平面視」という限定を付けているのは、表面の凹凸やうねりを除去するためである。

前記面積 $S_2$ は、バスバー電極5aの面積に対応する。この面積を光入射面の全面積に対して、所定範囲よりも小さく抑えることによって、変換効率を下げることを抑制できると

- 10     いうことを意味するものである。なお、この比率は0.015(1.5%)以下にしてしまうと、バスバー電極5aの幅が狭くなるなどの理由から導電抵抗が上がってしまい望ましくない。

なお、上式による作用効果は、太陽電池素子の形状が不規則な場合にも良好に発揮される。

- 15     図10(a)、(b)に示す例は、不規則な形状の太陽電池素子の一例を示すものである。図10(a)は横長の太陽電池素子の長手方向にフィンガー電極5bを設け、短手方向にバスバー電極5aを5本設けた例であり、図10(b)は縦長の太陽電池素子bの長手方向にバスバー電極5aを1本設け、短手方向にフィンガー電極5bを設けた例である。

- 20     例えば、図10(a)の場合には、バスバー電極5aの1本当たりの長さは短くなるが、(2)式によって、バスバー電極5aの本数を増加させるような構成とする。このような横長の太陽電池素子の場合、フィンガー電極5bの長さが長くなり、抵抗が高くなって、素子特性に悪影響を及ぼすが、このように(2)式に示すようにバスバー電極5aの本数を増加させることによって、フィンガー電極5bからバスバー電極5aまでの距離を短くすることができ、高抵抗化による悪影響を回避できる。

- 25     また、図10(b)の場合には、バスバー電極5aの1本当たりの長さが長くなるので、(2)式にしたがえば、バスバー電極5aの本数は減少する構成となる可能性がある。このような縦長の太陽電池素子の場合、フィンガー電極5bの長さも短くなるから、バスバー電極5aの本数が少なくても、フィンガー電極5bの抵抗による悪影響が少ない。

- 30     このように、本発明にかかるバスバー電極は、(2)式と(3)式に基づく構成とすることによって、その長さと面積を最適なものとすることができるので、本発明の太陽電池素子は良好な変換効率を得ることができる。

なお、半導体基板 1 に対して R I E 法などのガスエッチングなどによって微細な凹凸を多数設けるようにすれば、接触面 3 2 a を平面視して得られるエッジ線 3 2 b よりも、真のエッジ線 3 2 b は実質的に長くなるため、さらに高い効果を得ることができる。

また、上述では、出力取出用のバスバー電極 5 a に対して、フィンガー電極 5 b の一端部が略直交して接続された例によって説明したが、直交していなくても構わないし、さらに 1 本のフィンガー電極の両端部がバスバー電極 5 a に接続され、閉じた形状となっても構わない。そして、フィンガー電極 5 b にかかる接触面 2 2 a の両側のエッジ線 2 2 b として、そのエッジ線形状が互いに相似となった例によって説明したが、これらの形状は相似形状でなくてもよい。

さらに表面電極が略直線状となった例によって説明したが、略曲線状であってもよい。そして半導体基板が平坦な場合（エッジ線 2 2 b が 2 次元構造である場合）を例にとりて説明したが、これに限るものではなく、例えば、半導体基板表面が、凹凸状（例えばアルカリエッチングによって形成されるピラミッド構造や R I E 処理によって形成される微細凹凸形状など）や、曲面状（例えば球形状）であっても（すなわちエッジ線 2 2 b が 3 次元構造を有する場合であっても）、本発明の原理・構成によれば、全く同様の効果を奏することは言うまでもない。これらの場合、電流が流れる方向や接触面 2 2 a 自体も電極形状にしたがって略曲線状あるいは曲面状となるが、この電流が流れる方向に対して略垂直方向を求めるには、電流が流れる方向を示す曲線において、求めたい部分における法線に対して垂直な方向とすればよい。

さらに、上述の説明では、本発明の太陽電池素子にかかる軌跡線（上述した例においてはエッジ線 3 2 b と一致）の少なくとも一部に凹凸状の屈曲が設けられている例によって説明したが、この軌跡線の領域の少なくとも一部に、その接線方向と電流方向とが一致しない領域を含むように構成すれば、本発明の効果を奏する。接線方向と電流方向とが一致しない領域とは、例えば、凹凸状の屈曲形状の例では、凹部から凸部あるいは凸部から凹部への移行部などが含まれる。

次に、本発明の太陽電池素子に係る表面電極と半導体基板との接触面の構造について、図 1 1 (a)、(b) を用いて説明する。

図 1 1 (a) は、図 4 (a) に示す表面電極の E 部の部分拡大図であり、図 1 1 (b) は、図 1 1 (a) に示す表面電極を F-F 方向の断面で切った部分拡大図である。

図 1 1 (a) に示すように、表面電極であるバスバー電極 5 a とフィンガー電極 5 b と

を受光面側の鉛直方向から平面視したときの面積を  $S_a$  で表す。

なお、表側電極の面積  $S_a$  については、太陽電池素子を受光面側の鉛直方向から撮影して、表面画像をデジタル化した後、周知の画像処理方法によって、例えば、表側電極とそれ以外の部分とが分離されるような閾値によって二値化することによって、表側電極の箇所とそれ以外の箇所とを分離することができ、面積を求めることができる。

また、図 11 (a) において、太陽電池素子の受光面のうち表面電極で覆われて見えない箇所、すなわち表面電極（バスバー電極 5 a、フィンガー電極 5 b）が設けられた領域の直下の部分の表面積を  $S_b$  で表す。

この太陽電池素子の受光面の表面積  $S_b$  については、表側電極の材料種類に応じて選択した所定の酸（例えば、電極が銀を主成分とする場合には王水）によって、この表側電極を除去し、この電極が設けられていた部位について表面積の測定を行えばよい。表面積の測定は、接触式、非接触式のいずれの方法をも用いることができるが、正確性の点から AFM（原子間力顕微鏡）を用いることが望ましい。なお、AFM を用いる場合、観測可能な領域の大きさに限界があるので、表側電極が設けられていた所定箇所の中から、複数箇所を測定し、統計的に処理するとよい。

このとき次の (4) 式で表される関係が成り立つような構成となっている。

$$1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10 \cdots (4)$$

(4) 式について説明する。上述したように、分母の  $S_a$  は、表面電極の面積に該当し、分子の  $S_b$  は、この表面電極が設けられた領域における太陽電池素子の受光面の表面積であるから、(4) 式の  $S_b / S_a$  は、表面電極が太陽電池素子の受光面との接触する比率の目安となる。

理解を助けるために、図 11 (b) に断面方向から見た図を示す。  $S_a$  は平面視した表面電極の面積であるから、図 11 (b) において、両矢印  $C_a$  で表されるように一次元の直線状となり、  $S_b$  は、領域  $C_b$  で囲われた二次元の凹凸形状として表される。実際は、これが図 11 (b) の奥行き方向にも広がっているので、  $S_a$  は二次元の（仮想的な）平面、  $S_b$  は三次元の凹凸を有する面となる。

ここで、この式の比率が 1.10 より大きく 2.10 よりも小さくなる範囲となるように、太陽電池素子の受光面の表面積を定めることによって、表面電極と太陽電池素子との実質的な接触面積を増大させることができる。

なお、  $S_b / S_a$  が 1.10 以下のときは、FF (Fill Factor) の向上のために接触面積

を増加させれば受光面積が減少し短絡電流の低下を招き、短絡電流の向上のために電極面積を減少させればFFが低下するという太陽電池素子の変換効率向上の妨げになる問題がある。 $S_b/S_a$ が2.10以上のときはスクリーンプリント法でシリコン基板表面に電極材料を充填させることが困難になるという問題がある。

- 5      このように、本発明の太陽電池素子に係る表面電極の構成によれば、表面電極と太陽電池素子との実質的な接触面積が増大し適正值となるので、直列抵抗成分による電気的なロスによる悪影響を軽減することができる。その結果、曲線因子FFを悪化させることがない。

10      この結果、本発明の太陽電池素子は、表面電極による光学的なロスを減少させるとともに、短絡電流密度と曲線因子とを適正なバランスを保って向上させるので、良好な変換効率を得ることができる。

15      なお、(4)式における $S_b/S_a$ の値を減少させるためには、電極下の半導体基板表面をフラットに近づけたり、電極と半導体基板の間に絶縁膜を介在させたりすれば良く、逆に増加させるためには、電極下の半導体基板表面を粗面状にしたり、窪みを形成したりすれば良い。

20      特に本発明の適正な範囲とするためには、電極下の半導体基板表面を粗面状にすることが望ましい。また電極をスクリーンプリントによって形成する場合、凹凸の高さが $2\mu\text{m}$ 以下の細かい凹凸を均一に形成することが望ましい。このようにすることによって、スクリーンプリントでも電極材料を半導体基板の形状に沿って充填することが可能となり、直列抵抗をより有効に低減させることが可能となる。

25      上述の本発明に係る表面電極を平面視したときの面積 $S_a$ としては、太陽電池素子の受光面の面積に対して、4%乃至7%の範囲としたときに、最適に光のエネルギーロスを抑え、電極の抵抗成分を受けにくくなるので好ましい。

30      また、本発明の太陽電池素子において、JIS C 8913 (1998)で規定される短絡電流 $I_{sc}$ を基板面積で割った短絡電流密度 $J_{sc}$ が $35.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 以上であるとともに、JIS C 8913 (1998)で規定されるFFが0.75以上であることが望ましい。このように高い短絡電流密度およびFFを有する太陽電池素子には、電極の設計にあたり、なお一層のシビアなコントロールが必要になる。よって本発明に係る太陽電池素子の効果を十分に発揮することができるのである。

35      また短絡電流 $I_{sc}$ は8000mA以上となるようにすることが望ましい。この短絡電

流  $I_{sc}$  の値は、太陽電池素子の大きさによって調節することができ、本発明の太陽電池素子で短絡電流密度  $J_{sc}$  が  $35.5 \text{ mA/cm}^2$  の場合には、受光面面積が  $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$  の矩形のサイズ以上であることが必要となる。短絡電流  $I_{sc}$  がこの範囲となるように太陽電池素子のサイズを設計することによって、製造コストの削減をできるという優れた効果がある。

この凹凸構造は、上述の (4) 式に密接に関係する。  $S_b/S_a$  の値を小さくするためには、凹凸の深さを小さくし、凹凸の横方向の大きさを大きくする方向、すなわち凹凸のアスペクト比 (縦/横) を小さくすれば良い。また、  $S_b/S_a$  の値を大きくするためには、凹凸の深さを大きくし、凹凸の横方向の大きさを小さくする方向、すなわち凹凸のアスペクト比 (縦/横) を大きくすれば良い。凹凸のアスペクト比を大きくするにはエッチング中の反応圧力を下げればよく、小さくするためには反応圧力を上げればよい。

なお、ウェットエッチング法の場合、上述したように基板面内での結晶面方位が結晶粒ごとにランダムにばらつくため、凹凸構造を一様に形成することが難しく、RIE法などのガスエッチング法に比べて  $S_b/S_a$  を再現性良く自在に調整することが難しいという問題がある。

以上の説明では、  $1.10 \leq S_b/S_a \leq 2.10$  の式を満たすために、反応性イオンエッチングによって多結晶シリコン基板表面を粗面状にする方法を例にとり説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

例えばレーザーやダイシングなどによって、電極形成予定領域にあらかじめ溝を形成し、その溝に電極材料を埋め込むようにして形成することも可能である。またこの溝の形状や数も限定されるものではなく、線状、点状又はこれらの組み合わせなどの構造にすることが可能である。

さらに電極形成位置にあらかじめ凸部を形成することによって、本発明に係る構成である  $1.10 \leq S_b/S_a \leq 2.10$  の式を満たすようにしても良い。この凸部は電極形成予定位置のみを残し、他の領域をエッチングすることによって形成することができる。この場合も凸部の形状や数は限定されるものではなく、線状、点状又はこれらの組み合わせなどの構造にすることが可能である。またこの方法は電極下の拡散層の表面濃度を高く、深くし、他の領域の拡散層の表面濃度を下げ、浅くするいわゆる選択エミッターに適用することが可能である。

さらに上述のように電極下に溝や凸部を形成した上で、反応性イオンエッチングを行う

ことで  $1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10$  の式を満たすことも可能であることは言うまでもない。

以下、本発明の太陽電池モジュールにおける素子どうしの接続構造について、図面を用いて詳細に説明する。

- 5 太陽電池モジュールの基本的な構造は、図3(a)、図3(b)で示した一般的な太陽電池モジュールの断面構造と同じである。

太陽電池素子を直列で接続するときには、配線材8によって太陽電池素子X1の表面側と、それに隣接する太陽電池素子X2の裏面側が電氣的に接続され、裏面側はさらに隣接する太陽電池素子X3の表面側と電氣的に接続される。この繰り返しのによって複数の太陽電池素子が直列に電氣的接続される。

このとき端の太陽電池素子の配線材8は、後述する接続部材6によって相互に電氣的に接続され、太陽電池モジュール裏面に配置される端子ボックス7(図13)につなぎ、外部に出力を取り出すことができるようになっている。

- 15 このように配線材8によって電氣的に接続された複数の太陽電池素子は、ちょうど縦横2次元に所定間隔で配列された状態になっている。

図12に本発明に係る太陽電池モジュールの受光面側端部の部分拡大図を示す。

本発明に係る太陽電池モジュールは、太陽電池モジュール全体の受光面側面積に対する、太陽電池モジュール内に充填される複数の太陽電池素子の面積の合計の割合を91.9%以上97.7%以下としたことを特徴とする。

- 20 このような高い範囲の面積比率を得るためには、太陽電池素子の面積を大きくするとともに、太陽電池素子の間隔を狭くすること、つまり太陽電池モジュール外周部の太陽電池素子が存在しない部分の面積をできるだけ狭くすることが必要である。

このように本発明の太陽電池モジュールは、太陽電池素子同士の電氣的な接続を確保した状態で、太陽電池モジュール内の太陽電池素子の充填率を高くしたことにより、太陽電池モジュールの発電効率(発電量/太陽電池モジュール面積)を向上させることが可能になるばかりでなく、太陽電池モジュールの全体の印象を太陽電池素子の色彩にすることが可能となり、太陽電池モジュールの外観に対して美観を付与し意匠性を向上させることができる。

- 30 なお近年、太陽電池モジュールの使用用途及び使用形態は多様化しており、矩形の太陽電池モジュールのみならず、三角形や台形などの形状の太陽電池モジュールも存在する。

また、太陽電池モジュールの外縁に、アルミニウムなどの押し出し成型により断面が中空に形成された強固なフレーム枠をはめ込み太陽電池モジュールの強度を確保するとともに、予め屋根上などに設置された架台に、フレーム枠をビス止めするなどして固定して使用する。

- 5      また、設置中に外縁に加えられる衝撃から保護するために設けられた簡易な金属や樹脂などからなるフレーム枠を太陽電池モジュールにはめ込んだものや、フレーム枠なしの太陽電池モジュール（フレームレスモジュール）を屋根材などとして使用するケースも増えてきている。

- 10      本発明は、これら全ての太陽電池モジュールに関連するものであり、フレーム枠をはめ込んで使用するモジュールであっても、フレーム枠を外した透光性パネル 9 と裏面保護材 11 の間に配線材 8 で接続された複数の太陽電池素子が充填された完成体を太陽電池モジュールとし、太陽電池モジュールの受光面側面積とは、完成体の外周の内側に位置する部分の面積を示すものとする。

- 15      前記二次元配列された複数の太陽電池素子のうち、最外周に位置する太陽電池素子の端辺と太陽電池モジュールの外周端との最短距離、もしくは太陽電池素子同士を接続する配線材 8 あるいは配線材 8 同士を接続する接続部材 6 と太陽電池モジュールの外周端と最短距離を比較したとき、距離の短い方を 5 mm 以上 11 mm 以下にすることが望ましい。

- 20      このようにすれば、太陽電池素子の色合いと異なる太陽電池モジュール外周部分の比率を下げ、太陽電池モジュール全体の印象を、太陽電池素子表面の青から黒に近い濃紺といったダークな印象に抑えることが可能となり、太陽電池モジュールの意匠性をさらに向上させることができる。それとともに、太陽電池素子の面積割合が高いことから太陽電池モジュールの発電効率（発電量／太陽電池モジュール面積）を向上させることが可能になる。

- 25      また、次のような理由からも、上述の構成とすることが望ましい。すなわち、太陽電池モジュールには、低コストで高効率かつ意匠性の高いものが要求されているが、それ以前に安全性が必要なことは言うまでもない。また家の屋根などに設置して使用するため、屋外における長期信頼性も必要になる。よって太陽電池モジュール内に充填された太陽電池素子と外部との絶縁性を確保し、外気や水の混入を防ぐ必要がある。そのため、従来は太陽電池モジュールの外周部には太陽電池素子や配線材 8、接続部材 6 などが存在しない部分を多く確保していた。また、従来はほとんどの太陽電池モジュールに、その強度を確保する  
30      ための強固なフレーム枠がはめ込まれていたため、1 cm 程度のかみしろが必要とな

っていた。また、フレーム枠直下に太陽電池素子を配置する必要がなかったこと、強固で厚みのあるフレーム枠を使用していたことから、フレーム枠直下でなくても、太陽光の入射角度により、フレーム枠の影となる部分がフレーム枠の内側に存在していたことにより、太陽電池素子を太陽電池モジュールの外周に寄せる必要は生じなかった。

- 5      しかし前述のように、モジュール枠が簡素化されたり、フレームレスモジュールが使用されるようになったことで、フレーム枠のかみしろが小さくなったり存在しないケースが多くなった。そのため太陽電池モジュールの外周部にも太陽電池素子が配置された太陽電池モジュールが要求されるようになってきた。

- 10      なお、上述の構成を得るためには、充填材 10 の厚みを 1.0 mm 以上と厚くする、ラミネート時の加熱温度を太陽電池モジュールの外周部で高くする、ラミネート時の外周部で押圧する圧力を高くするなどの手段を講じれば良い。

- 15      5 mm 以下の場合、外気や水が混入するなどして絶縁性が確保できなかつたり、長期信頼性が確保できなかつたりする問題が発生することがある。また 11 mm 以上の場合、太陽電池素子の充填率の高いモジュールで、外周部の太陽電池素子がない部分が広くなり、縁取りのある太陽電池モジュールに見えるため、意匠的に好ましくない。

- 20      ここで、高効率化のため、太陽電池素子の表面に反射防止処理を施し、青から黒に近い濃紺といったダークな色調の太陽電池素子を使用したり、太陽電池モジュール内の太陽電池素子の裏面に位置する充填材 10 もしくは裏面保護材 11 を白色にしたりすることにより、光の散乱・反射効果を高めた太陽電池モジュールでは特にその効果を有効に発揮するので好ましい。これは、太陽電池素子とそれ以外の部分の色調のコントラストがはっきりし、意匠的効果が顕著になるためである。

さらに、上述の各実施形態に対して、複数の太陽電池素子の間隔が、配線材 8 の幅の 70 % 以上 143 % 以下とすることが望ましい。

- 25      このようにすることによって、太陽電池素子間と配線材 8 の幅を略同一にし、太陽電池モジュールの全体の印象としては、同一方向の複数のラインが貫通しているように見えるため、太陽電池素子の意匠性をさらに向上させることができるようになる。

- 30      また、太陽電池素子の間隔を配線材 8 の幅のレベルにまで狭くしたことから、太陽電池素子が太陽電池モジュールに対して面積を占有する比率が高くなるので、太陽電池モジュールの発電効率（発電量／太陽電池モジュール面積）をより一層向上させることが可能になる。



なお、太陽電池モジュールの発電効率を最大にするには、太陽電池モジュールに充填する太陽電池素子の充填率を100%にすれば良い。しかし、前述のように、安全性（絶縁性）や、長期信頼性の観点から、充填率を100%にすることは不可能である。またいわゆる瓦重ねと呼ばれる太陽電池素子の一部同士を互いに重ねる接続方法もあるが、ラミネータで加熱押圧する際に太陽電池素子に割れが発生しやすい上、太陽電池素子で重なり合った部分に光学的ロスが発生することから、非効率的でありモジュールコストの上昇を招く。

また、太陽電池素子を隙間なく敷き詰めれば、割れや光学的ロスの問題は解消するが、直列で太陽電池素子を接続する場合、図26に示すように、太陽電池素子の間には太陽電池素子の表から隣接する太陽電池素子の裏へつながれる配線材8が存在するため、隙間なく敷き詰めることは実質的に不可能である。ここで、太陽電池素子の間隔を詰めすぎた場合には、ラミネータで加熱押圧する際に太陽電池素子の端部に斜め方向の力がかかり、太陽電池素子の割れの原因となる。この現象は特に配線材8の厚みが厚い場合や、配線材8の銅箔を被覆する半田に鉛レスのSn-Ag-Cu系の半田を使用したときに多く発生する。これは、Sn-Ag-Cu系の半田が固いことに起因するものである。

このように太陽電池素子同士の間隔を配線材8のレベルにまで狭くするためには、配線材8を、隣接する太陽電池素子同士を接続したときの形状に合わせて、予め屈曲させておくことにより、上記の問題を抑制することが可能になる。

なお、複数の太陽電池素子の間隔が、配線材8の幅の70%に満たない場合、太陽電池素子に配線材8との接続部に対してかかる応力が大きくなって割れが増加するため不適である。また、143%を超える場合、配線材8に比べ太陽電池素子の間隔が広くなりすぎ、太陽電池モジュールの全体の印象としては、同一方向に複数のラインが貫通しているように見えないため意匠性が低下する。また、太陽電池モジュールの発電効率も低下する。

さらに、上述の各実施形態に対して、受光面側から視認される配線材8の幅をすべて略同一に形成することが望ましい。

このような構成としたので、すべての配線材8の幅が揃って、統一感が向上し、アンバランスを防止して、より一層意匠性を向上させることができるようになる。特に本発明の前記実施形態と組み合わせたときに、太陽電池素子の間隔と配線材8の幅がすべて揃って視認されるので、極めて意匠性の高いものとなる。なお、配線材8の幅としては0.8mm以上2.0mm以下にすることが望ましく、これによって、配線材8を目立たなくする

ことができる。なおこの範囲以下の場合、断面積が小さく、抵抗が大きくなり特性の低下を招く。また断面積を大きくするため、厚みを厚くすれば、前述のように太陽電池素子間付近での太陽電池素子の割れを招くことになり不適である。逆にこの範囲を超える場合、配線材 8 によって構成される、太陽電池モジュールを貫通するようなラインの印象が強すぎるものになってしまうため、太陽電池モジュール全体の印象を、太陽電池素子表面の青から黒に近い濃紺といったダークな印象に抑えることができなくなり、太陽電池モジュールの意匠性を低下させてしまう。また、配線材 8 により太陽電池素子の受光面積を減らしてしまうため、太陽電池素子の出力特性が低下し、太陽電池モジュールの出力特性が低下するため不適である。

- 5 10 本発明の太陽電池モジュールは、上述の各実施形態に対して、さらに、配線材 8 同士を電氣的に接続する接続部材 6 が、太陽電池素子と裏面保護材 11 との間の位置で、すなわち非受光位置で、配線材 8 同士を接続する構造となっていることが望ましい。

これについて、図 12～図 15 を参照しながら説明する。

- 15 図 12 は太陽電池モジュールの受光面側端部の部分拡大図であり、図 13 は、非受光面側端部の部分拡大図である。

また、図 14 は、太陽電池モジュールを G-G 線で切ったときの矢視断面図、図 15 は、H-H 線で切ったときの矢視断面図である。

各図において、6 は接続部材、17 は熱可撓性シート、18 は絶縁シートを示す。図 1 から図 11 で説明した部材と同一の部材には、同じ番号を付している。

- 20 接続部材 6 は、配線材 8 によって接続された太陽電池素子の群からの電気出力を端子ボックス 7 のターミナルに伝える部材である。通常厚さ 0.1 mm～0.5 mm 程度、幅 6 mm 程度の銅箔の表面全体に 20～70  $\mu$ m 程度の半田を被覆したものを、所定の長さに切断したものである。

- 25 端子ボックス 7 は、太陽電池素子からの出力配線を外部回路に接続するためのケーブル（不図示）の接続を行うものであり、変性 PPE 樹脂などで紫外線などに対する耐光性を考慮して通常黒色に造られる。また端子ボックス 7 の概略の大きさは、出力約 160 W 程度の一般的な太陽電池モジュールでは 100×60×20 mm 程度のものが多い。

- 30 本発明では、接続部材 6 を太陽電池素子と裏面保護材 11 との間の位置に配置して配線材 8 同士を電氣的に接続するためには、図 14、図 15 に示すように、太陽電池素子の表面側もしくは裏面側に接続された配線材 8 を裏面保護材 11 の側に屈曲させ、接続部材 6

で半田付けなどによって接続する。

このとき太陽電池素子の裏面側に設けられた電極との短絡を防止するため、例えばポリエチレンテレフタレート（PET）製の絶縁シート18を、太陽電池素子と太陽電池素子の裏面側に回された配線材8と接続部材6との間に介在させることが望ましい。

- 5      さらに、このような屈曲構造としたことによって、局部的に厚みが増し、太陽電池モジュール製造時のラミネート工程における加熱押圧時に太陽電池素子が割れることがあるが、これを防止するため、例えばエチレン酢酸ビニル共重合体（EVA）製の熱可撓性シート17を介在させて応力を吸収するようにしても良い。

- 10      従来、接続部材6は、図16、図17に示すように太陽電池モジュールの外周部に、太陽電池素子と重ねない構成として配置されていたが、本発明では配線材8同士を接続する接続部材6を太陽電池素子の裏面側に設けている。

このような本発明の構成によれば、太陽電池モジュール内の太陽電池素子の充填率をさらに上げ、太陽電池モジュールの変換効率を向上させることができる。

- 15      また、従来の構成では、図16に示すように、太陽電池モジュールの外周部に接続部材6が存在し、これが配線材8と太陽電池素子間によって構成される複数のラインに対して、統一性を乱すラインとして視認されていたが、この実施形態に係る太陽電池モジュールの構成によれば、受光面側からはこの接続部材6が見えない位置となるので、太陽電池モジュールの美観をさらに高め、意匠性を一層向上させることができる。

- 20      そして、外枠部と太陽電池素子との間隔を狭めることができるので、太陽電池モジュール全体の面積を小さくすることが可能になるから、太陽電池モジュールの単位面積当たりの発電効率が向上する。

以上により本発明の太陽電池モジュールを得ることができる。

- 25      この本発明の太陽電池モジュールは、部材の追加や工程の増加を招くことなく、簡易な方法で意匠性の高い高効率の太陽電池モジュールを得ることができるようになる。よって、高効率かつ意匠性が高く美観に優れるとともに低コストで製造可能な太陽電池モジュールが実現する。そして、外観の印象がシステムの印象を決める太陽電池モジュールで特にその効果を有効に発揮するため、1辺が1m程度もしくはそれ以上の大型の太陽電池モジュールに対し特に有効である。このように1辺が長いモジュールに適用すれば、高い発電効率を得られるばかりでなく、太陽電池素子の間隙と配線材8によって構成される、太陽電池モジュールを貫通したラインの印象を高め、意匠性の高いモジュールとなる。
- 30

なお、本発明の実施形態は上述の例にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得る。

例えば上述の説明では、p型シリコン基板を用いた太陽電池について説明したが、n型シリコン基板を用いた場合にも、説明中の極性を逆にすれば同様のプロセスによって本発明の効果をを得ることができる。

さらに上述の説明では、シングル接合の場合について説明したが、半導体多層膜からなる薄膜接合層をバルク基板使用接合素子に積層して形成した多接合型であっても、本発明を適用することができる。

上述の説明では、表面電極と裏面電極の2つを備えた太陽電池素子について説明を行ったがこれに限るものではなく、非受光面側（裏側）に全ての電極が設けられたタイプの太陽電池素子であっても構わない。

また、表面電極として、略直線状のバスバー電極とこれに一端が接続された複数のフィンガー電極を備えた例によって説明したが、これに限るものではない。

さらに上述の説明では、キャストリング法を用いた多結晶シリコン基板を例にとったが、基板はキャストリング法によるものに限る必要はなく、また多結晶シリコンに限る必要はない。また、半導体基板に限定されることもなく、半導体薄膜であってもよい。またシリコン材料に限定されることもなく、半導体一般に適用できる。すなわち、化合物系や有機物系の太陽電池にも適用できる。

また、上述の説明では、バルク型シリコン太陽電池を例にとったが、本発明はこれらに限定されるものではなく、発明の原理・目的を逸脱しない限り任意の形態とすることができる。すなわち、光入射面を有する半導体領域を備えた太陽電池素子であって、前記光入射面への光照射によって前記半導体領域で生じた光生成キャリアを電流として集める、この光入射面に配設された略線状の表面電極を備えていれば、太陽電池以外の光センサなどの太陽電池素子一般に適用できる。

## 【実施例】

以下、上述の実施形態に沿って作製した太陽電池素子の実験結果について説明する。

基板としては、キャスト法で製造された150mm×150mmサイズの比抵抗 $2\Omega\cdot\text{cm}$ の平板状のp型多結晶シリコン基板を用いた。

表面電極は、銀を主成分としたペーストを用いて印刷焼成した。表面電極の全体パターンは、基板縦中心線に1本、これに対して線対称に2本の計3本配置した。バスバー電極

5 a の長さを 148.8 mm とした。

バスバー電極 5 a の幅を 0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、1.8、2.0 mm の 8 種類とした。

バスバー電極の中心線間距離を 49.3 mm、バスバー電極に対して垂直に配置され基板縦中心線に対して線対称に配置されたフィンガー電極の基板一端から他端までの長さ (途中で横切るバスバー電極 5 a の幅を含む) を 149 mm、フィンガー電極の中心線間の平均距離を 2.4 mm とした。

フィンガー電極 2 の幅を 10 ~ 200  $\mu$ m まで変化させた太陽電池素子を作成した。

その後、この太陽電池素子をバスバー電極幅と同じ幅の配線材で 48 枚接続し、太陽電池モジュールを作成し、出力特性を測定した。

表 1、表 2、表 3 に太陽電池モジュールの出力特性から換算した太陽電池素子枚あたりの短絡電流 ( $I_{sc}$ ; 単位 A)、曲線因子 (FF)、変換効率 (Eff.; 単位%) を示す。

【表 1】

表 1

バスバー電極幅 (mm)

	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
0.01	8.410	8.437	8.473	8.503	8.528	8.547	8.561	8.569
0.02	8.421	8.446	8.478	8.505	8.526	8.542	8.552	8.556
0.03	8.429	8.451	8.480	8.504	8.521	8.534	8.540	8.541
0.04	8.435	8.455	8.480	8.500	8.514	8.523	8.526	8.523
0.05	8.438	8.455	8.478	8.494	8.505	8.510	8.509	8.503
0.06	8.440	8.455	8.473	8.486	8.493	8.494	8.490	8.480
0.07	8.438	8.451	8.466	8.475	8.478	8.476	8.468	8.455
0.08	8.435	8.445	8.456	8.462	8.461	8.456	8.444	8.427
0.09	8.429	8.437	8.444	8.446	8.442	8.433	8.418	8.397
0.1	8.420	8.426	8.430	8.428	8.421	8.407	8.389	8.364
0.11	8.410	8.413	8.413	8.408	8.396	8.380	8.357	8.329
0.12	8.396	8.397	8.394	8.385	8.370	8.350	8.324	8.292
0.13	8.381	8.379	8.372	8.359	8.341	8.317	8.287	8.252
0.14	8.363	8.359	8.348	8.332	8.310	8.282	8.248	8.209
0.15	8.342	8.336	8.321	8.301	8.276	8.244	8.207	8.164
0.16	8.319	8.311	8.292	8.269	8.239	8.204	8.163	8.117
0.17	8.294	8.283	8.261	8.233	8.200	8.162	8.117	8.067
0.18	8.266	8.252	8.227	8.196	8.159	8.116	8.068	8.014
0.19	8.236	8.220	8.190	8.156	8.115	8.069	8.017	7.959
0.2	8.203	8.184	8.151	8.113	8.069	8.019	7.963	7.901

フィンガー電極幅 (mm)

【表 2】

表 2

## バスバー電極幅(mm)

5

10

15

20

25

30

フィンガー電極幅(mm)

	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
0.01	0.668	0.668	0.667	0.667	0.666	0.666	0.666	0.666
0.02	0.701	0.701	0.701	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700
0.03	0.713	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712
0.04	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718
0.05	0.722	0.724	0.722	0.722	0.721	0.721	0.721	0.721
0.06	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724
0.07	0.726	0.726	0.726	0.726	0.726	0.726	0.726	0.726
0.08	0.728	0.728	0.727	0.727	0.727	0.727	0.727	0.728
0.09	0.729	0.729	0.729	0.729	0.729	0.729	0.729	0.729
0.1	0.730	0.730	0.730	0.730	0.730	0.730	0.730	0.730
0.11	0.731	0.731	0.731	0.731	0.731	0.731	0.731	0.731
0.12	0.731	0.731	0.731	0.732	0.732	0.732	0.732	0.732
0.13	0.732	0.732	0.732	0.732	0.732	0.733	0.733	0.733
0.14	0.733	0.733	0.733	0.733	0.733	0.733	0.733	0.734
0.15	0.733	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734
0.16	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734	0.735	0.735	0.735
0.17	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.736	0.736
0.18	0.735	0.735	0.735	0.736	0.736	0.736	0.736	0.737
0.19	0.736	0.736	0.736	0.736	0.736	0.737	0.737	0.737
0.2	0.736	0.736	0.737	0.737	0.737	0.737	0.738	0.738

【表 3】

表3

## バスバー電極幅(mm)

フィンガー電極幅(mm)

	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
0.01	14.979	15.014	15.059	15.103	15.120	15.140	15.150	15.151
0.02	15.732	15.768	15.814	15.848	15.870	15.890	15.900	15.893
0.03	15.991	16.022	16.065	16.096	16.120	16.130	16.130	16.119
0.04	16.118	16.148	16.184	16.208	16.220	16.230	16.220	16.207
0.05	16.192	16.219	16.249	16.268	16.280	16.280	16.260	16.241
0.06	16.238	16.259	16.283	16.295	16.300	16.290	16.270	16.244
0.07	16.264	16.282	16.299	16.305	16.300	16.290	16.260	16.227
0.08	16.277	16.290	16.301	16.300	16.290	16.270	16.240	16.196
0.09	16.280	16.289	16.293	16.286	16.270	16.240	16.200	16.155
0.1	16.274	16.278	16.276	16.262	16.240	16.200	16.160	16.104
0.11	16.260	16.260	16.251	16.231	16.200	16.160	16.110	16.046
0.12	16.241	16.236	16.221	16.194	16.160	16.110	16.050	15.982
0.13	16.214	16.205	16.183	16.149	16.110	16.050	15.990	15.910
0.14	16.182	16.169	16.140	16.099	16.050	15.990	15.910	15.832
0.15	16.143	16.126	16.090	16.042	15.990	15.920	15.840	15.748
0.16	16.100	16.077	16.035	15.980	15.920	15.840	15.760	15.658
0.17	16.051	16.024	15.975	15.914	15.840	15.760	15.670	15.563
0.18	15.997	15.966	15.910	15.841	15.760	15.670	15.570	15.463
0.19	15.938	15.902	15.839	15.763	15.680	15.580	15.470	15.357
0.2	15.873	15.832	15.762	15.680	15.590	15.480	15.370	15.245

これらの表からわかるように、バスバー電極の幅が1.4～2mmの条件ではフィンガー電極の幅が細くなるにつれ短絡電流値が向上し、FF値が減少する。バスバー電極の幅が0.6～1.2mmの条件では、フィンガー電極の幅が太くなるにつれFF値は向上するものの、短絡電流値はフィンガー幅0.02～0.06mmの間にピークを持つ。

しかし、変換効率では、フィンガー幅0.04～0.11mmの間では、バスバー電極の幅によらず、16%を越える高い変換効率を得ることができた。特に、フィンガー幅が0.06～0.09mmの間にピークをもっている。

## 【実施例2】

上述の実施形態に沿って作製した太陽電池素子であるバルク型結晶シリコン太陽電池に

ついて、表面電極のフィンガー形状と特性との関係調べた。

基板としては、キャスト法で製造された150mm×155mmサイズの平板状のp型多結晶シリコン基板を用い、図4(a)に示した構成で太陽電池素子を形成した。

5 本発明の太陽電池素子にかかる表面電極は、銀を主成分としたペーストを用いて印刷焼成した。

表面電極の全体パターンは、図4(a)において、基板の向きを縦方向150mm・横方向155mmとしたときに、基板縦中心線に対して線対称に配置されたバスバー電極5aの長さを147.5mm、バスバー電極5aの幅を2mm、二つのバスバー電極5aの中心線間距離を77.5mm、バスバー電極5aに対して垂直(基板横方向)に配置され  
10 基板縦中心線に対して線対称に配置されたフィンガー電極5bの基板一端から他端までの長さ(途中で横切るバスバー電極5aの幅を含むとしたとき)を152.8mm、フィンガー電極5bの平均の幅を165μm、隣接するフィンガー電極5bの中心線間の平均距離を2.38mmとした。

15 なお、フィンガー電極5bの平均の幅は、上述したようにバスバー電極5aに接続した一端から他端までの長さを10等分して、各々の位置(9ポイント)における幅を求め、平均値を求めた。

この全体パターンを共通条件として、図4(b)および図6、図7に示すフィンガー電極形状の効果を確認する実験を行った。

20 まず、図4(b)に示すような本発明の太陽電池素子にかかる軌跡線、すなわちフィンガー電極5bと半導体基板1の接触面22aのエッジ線22bに対して、凹凸状の屈曲を設けた場合について実験を行った。

実験結果を表4に示す。ここで凹凸状の屈曲は、いずれの形状条件であっても表面電極の光入射面に占める面積割合がほぼ同一になるようにしてある。

25 また、表4には、フィンガー電極5bの接触面22aのエッジ線22bが凹凸状の屈曲ではない場合(すなわち略直線状の場合)の外周長さを1に規格化したときの、凹凸状の屈曲の度合いに対応した外周長さの比率を示している。これは

$$R = 0.5 L_1 (S_1 \cdot d_1^{-1} + d_1)^{-1}$$

で表される値Rに該当する。ここで凹凸状の屈曲の1周期距離はおおよそ10~20μm程度とした。



【表 4】

表 4

規格化外周長さ R	効率	I s c [A]	V o c [V]	F F
1 . 0	1 6 . 0 3	7 . 9 7 0	0 . 6 1 4 3	0 . 7 6 1
1 . 2	1 6 . 0 6	7 . 9 7 1	0 . 6 1 4 7	0 . 7 6 2
1 . 4	1 6 . 1 1	7 . 9 7 1	0 . 6 1 4 9	0 . 7 6 4
1 . 6	1 6 . 1 3	7 . 9 7 1	0 . 6 1 5 1	0 . 7 6 5

表 4 より、規格化外周長さ R が大きいほど、効率が上がっており、特性向上がなされていることが明らかである。これは、フィンガー電極 5 b の接触面 2 2 a のエッジ線 2 2 b に凹凸状の屈曲を設けたことにより、実質的な接触面積が増大した結果、コンタクト抵抗成分が低減されて特性が向上したと考えられる。

次に、図 7 に示すフィンガー形状の効果を把握するための実験を行った。

表 5 には、上述の表 4 の規格化外周長さ R が 1 . 4 の場合について、図 7 に示すようにフィンガー電極 5 b の電流が流れる方向と同方向の中心線を挟んで対称位置にある凹凸状の屈曲のエッジ線形状の位相を半周期ずらして、非対称としたときの実験結果を示す。

【表 5】

表 5

規格化 外周長さ R	凹凸形状の 位相差	効率	I s c [A]	V o c [V]	F F
1 . 4	なし	1 6 . 1 1	7 . 9 7 1	0 . 6 1 4 9	0 . 7 6 4
1 . 4	半周期	1 6 . 1 4	7 . 9 7 0	0 . 6 1 4 8	0 . 7 6 6

表 5 より、凹凸状の屈曲の位相差を半周期ずらしたことにより、効率が上がっており、特性向上効果が明らかである。すなわち、凹凸状の屈曲の位相差を半周期ずらして、非対称としたことによりフィンガー電極 5 b の括れた部分が解消されてフィンガー電極 5 b の

線抵抗が有効に低減され、特性向上が図れたものと考えられる。

次に、図9に示すバスバー電極の形状の効果を把握するための実験を行った。

基板としては、キャスト法で製造された150mm×150mmサイズの平板状のp型多結晶シリコン基板を用い、図1(a)に示した構成で太陽電池素子を形成した。

- 5 本発明にかかる表面電極は、銀を主成分としたペーストを用いて印刷焼成した。表面電極の基本パターンとしては、バスバー電極の本数は3本とし、以下に示す寸法とした。

- 基板縦中心線に1本、それに対して線対称に2本の計3本配置されたバスバー電極5aの長さを148.8mm、バスバー電極5aの幅を1.3mm、二つのバスバー電極5aの中心線間距離を50mm、バスバー電極5aに対して垂直(基板横方向)に配置され基  
10 板縦中心線に対して線対称に配置されたフィンガー電極5bの基板一端から他端までの長さ(途中で横切るバスバー電極5aの幅を含むとしたとき)を149mm、フィンガー電極5bの幅を80μm、隣接するフィンガー電極5bの中心線間の平均距離を2.4mmとした。

- また接触面32aを鉛直方向から平面視したときのエッジ線32bの長さ、面積 $S_2$   
15 については、太陽電池素子を鉛直方向から撮影して、表面画像をデジタル化した後、電極とそれ以外の部分とが分離されるような閾値によって二値化することによって、電極の箇所とそれ以外の箇所とを分離し、面積 $S_2$ とエッジ線32bの長さを求めた。

なお、上述の面積 $S_2$ とエッジ線32bの長さを求めるに当たっては、各測定値はいずれも棄却検定として有意水準0.05でt検定を行い、妥当性を確認済である。

- 20 この太陽電池素子について各種特性を測定した結果を表3に示す。なお、太陽電池の特性として、JIS C 8913(1998)で規定される短絡電流値( $I_{sc}$ )と曲線因子(FF)については、この規格に基づいて測定を行った。

- なお、図10(a)、(b)に示す横長、縦長の形状を有する多結晶シリコン基板(面積は上記の150mm角と同じとして)についても、同様の実験を行った。なお、バスバ  
25 ー電極5aについては、横長形状の場合は三本、四本の2種類とし、縦長形状の場合は、二本、三本の2種類とした。

【表 6】

表6

No.	$S_3$ ( $\text{cm}^2$ )	$S_2$ ( $\text{cm}^2$ )	$L_2$ (cm)	$5 \cdot S_3^{1/2}$	$S_2/S_3$	$I_{sc}$ (mA)	$J_{sc}$ (mA/ $\text{cm}^2$ )	FF	$\eta$ (%)	備考
1	225	2.9	93.2	75.0	0.013	8273	36.76	0.743	16.80	
2	225	3.6	92.5	75.0	0.016	8280	36.80	0.751	17.19	
3	225	5.6	90.8	75.0	0.025	8255	36.69	0.756	17.20	
4	225	7.9	89.8	75.0	0.035	8264	36.73	0.757	17.24	
5	225	9.5	92.6	75.0	0.042	8241	36.63	0.753	17.10	
6	225	12.4	91.4	75.0	0.055	8260	36.71	0.752	17.11	
7	225	14.2	91.6	75.0	0.063	8253	36.70	0.740	16.88	
8	225	5.2	70.4	75.0	0.023	7878	35.01	0.712	15.38	横長 BSB3本
9	225	5.0	86.6	75.0	0.022	7938	35.28	0.731	15.62	横長 BSB4本
10	225	5.9	80.3	75.0	0.026	7946	35.32	0.748	16.01	縦長 BSB3本
11	225	6.1	65.4	75.0	0.027	7942	35.30	0.748	16.01	縦長 BSB2本

表6より、本発明の(2)式、(3)式の条件を満たす、試料No. 2~6、及び試料No. 9, 10は特性向上効果が明らかであった。

### 【実施例3】

次に、本発明の太陽電池素子に係る表面電極と半導体基板との接触面の粗さとも素子特性との関係を確認した。

基板としては、キャスト法で製造された150mm×150mmサイズの平板状のp型多結晶シリコン基板を用い、図1(a)に示した構成で太陽電池素子を形成した。

本発明の太陽電池素子に係る表面電極は、銀を主成分としたペーストを用いて印刷焼成した。表面電極の全体パターンは、基板縦中心線に対して線対称に2本配置されたバスバー電極5aの長さを148.8mm、バスバー電極5aの幅を2mm、二つのバスバー電極5aの中心線間距離を75mm、バスバー電極5aに対して垂直(基板横方向)に配置

され基板縦中心線に対して線対称に配置されたフィンガー電極5 bの基板一端から他端までの長さ（途中で横切るバスバー電極5 aの幅を含むとしたとき）を149 mm、フィンガー電極5 bの幅を160  $\mu$ m、隣接するフィンガー電極5 bの中心線間の平均距離を2.4 mmとした。この太陽電池素子について各種特性を測定した結果を表7に示す。

5      また基板縦中心線に1本、それに対して線対称に2本の計3本配置されたバスバー電極5 aの長さを148.8 mm、バスバー電極5 aの幅を1.3 mm、二つのバスバー電極5 aの中心線間距離を50 mm、バスバー電極5 aに対して垂直（基板横方向）に配置され基板縦中心線に対して線対称に配置されたフィンガー電極5 bの基板一端から他端までの長さ（途中で横切るバスバー電極5 aの幅を含むとしたとき）を149 mm、フィンガー電極5 bの幅を80  $\mu$ m、隣接するフィンガー電極5 bの中心線間の平均距離を2.4 mmとした。なお、フィンガー電極5 bの平均の幅は、バスバー電極5 aに接続した一端から他端までの長さを10等分して、各々の分割位置（9ポイント）における幅を求め、単純平均によって値を求めた。この太陽電池素子について各種特性を測定した結果を表8に示す。

15      S bの値は反応性イオンエッチングにより電極形成位置の下部にあたる部分を粗面状にすることによって変化させた。このときにC1<sub>2</sub>を0.1 s1 m、O<sub>2</sub>を0.6 s1 m、SF<sub>6</sub>を0.4 s1 m流し、RFパワーは5 kwとした。またS bの値を変化させるため、反応圧力を適宜変化させた。

20      またS bの値は太陽電池素子の出力特性測定後、王水に浸漬させることによって、表面電極を除去し、この電極が設けられていた部位について表面積の測定を行った。表面積の測定には、AFM（原子間力顕微鏡、Digital Instruments社製・Nanoscope III a）を使用し、先端径5 nmのカンチレバーを用いて、1  $\mu$ m角を0.2 Hzで512×1024ポイントの測定を行った。また測定位置はフィンガー電極5 bの幅測定と同じ9ポイントで行い、単純平均によって値を求めた。

25      S b/S aの値については、小数点以下3桁目で四捨五入し、本発明の範囲となるかどうかの比較を行った。

なお、上述のフィンガー電極の幅、表面電極の表面積を求めるに当たっては、各測定値はいずれも棄却検定として有意水準0.05でt検定を行い、妥当性を確認済である。

30      また、太陽電池の特性として、JIS C 8913（1998）で規定される短絡電流値（I<sub>sc</sub>）と曲線因子（FF）については、この規格に基づいて測定を行った。

さらに、参考比較として、従来条件により作製した太陽電池素子について、測定を行った結果を試料No. 32として記載しておく。この方法は、反応性イオンエッチングを用いているが、 $Sb/Sa$  値が本発明の範囲となるような条件を見出す以前の条件によって形成したものである。

5      【表7】

表7

No.	受光面面積 ( $\text{cm}^2$ )	Sa ( $\text{cm}^2$ )	Sb ( $\text{cm}^2$ )	$Sb/Sa$	Isc (mA)	Jsc ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )	FF	$\eta$ (%)
* 21	225	20.6	20.6	1.00	7951	35.34	0.73	15.61
* 22	225	20.6	21.6	1.05	7949	35.33	0.731	15.62
23	225	20.6	22.6	1.10	7946	35.32	0.748	16.01
24	225	20.6	24.7	1.20	7952	35.34	0.753	16.15
15 25	225	20.6	28.8	1.40	7963	35.39	0.756	16.19
26	225	20.6	32.9	1.60	7945	35.31	0.757	16.20
27	225	20.6	37.0	1.80	7968	35.41	0.759	16.26
28	225	20.6	39.1	1.90	7953	35.35	0.757	16.19
29	225	20.6	41.1	2.00	7944	35.31	0.747	16.01
30	225	20.6	43.2	2.10	7952	35.34	0.752	16.08
20 * 31	225	20.6	45.2	2.20	7942	35.30	0.732	15.63
* 32	225	20.6	22.0	1.07	7950	35.33	0.732	15.61

\*は本発明の範囲外の試料である。

【表 8】

表8

No.	受光面面積 (cm <sup>2</sup> )	Sa (cm <sup>2</sup> )	Sb (cm <sup>2</sup> )	Sb/Sa	Isc (mA)	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	FF	$\eta$ (%)
* 21	225	13.1	13.1	1.00	8267	36.74	0.738	16.81
* 22	225	13.1	13.8	1.05	8272	36.76	0.743	16.80
23	225	13.1	14.4	1.10	8281	36.80	0.751	17.19
24	225	13.1	15.7	1.20	8241	36.63	0.753	17.10
25	225	13.1	18.4	1.40	8255	36.69	0.756	17.20
26	225	13.1	21.0	1.60	8298	36.88	0.757	17.31
27	225	13.1	23.6	1.80	8278	36.79	0.759	17.31
28	225	13.1	24.9	1.90	8264	36.73	0.757	17.24
29	225	13.1	26.2	2.00	8271	36.76	0.754	17.18
30	225	13.1	27.5	2.10	8259	36.71	0.752	17.11
* 31	225	13.1	28.9	2.20	8258	36.70	0.74	16.76
* 32	225	13.1	13.9	1.06	8270	36.76	0.741	16.79

\*は本発明の範囲外の試料である。

表7からわかるように、1.  $1.0 \leq Sb/Sa \leq 2.10$  の範囲、すなわち試料No. 23～30は短絡電流  $35.3 \text{ mA/cm}^2$  以上であるとともに、FFも0.747を越える高い値を示している。これに対し、 $Sb/Sa$  が1.10よりも小さい範囲である試料No. 21、22では短絡電流は同等の値を示すものの、FFが0.731以下と低下した。また  $Sb/Sa$  が2.10を越える試料No. 31の場合もFFが0.732と低下した。これにより、1.  $1.0 \leq Sb/Sa \leq 2.10$  では変換効率が16%を越える高い値の太陽電池素子を得ることができた。

また、表8に示す1. 3mm幅のバスバーを3本設けた太陽電池素子においても、1.  $1.0 \leq Sa/Sb \leq 2.10$  の範囲、すなわち試料No. 23～30は、短絡電流密度が  $36.6 \text{ mA/cm}^2$  を越える高い値を示すとともに、FFもすべて0.75を越える高い

値となった。これにより  $1.10 \leq S_b / S_a \leq 2.10$  の範囲では変換効率が 17% を越える高い値の太陽電池素子を得ることができた。

なお、表 7、表 8 のいずれの場合も、従来条件により作製した試料 No. 32 の太陽電池素子は、本発明の太陽電池素子と比べて FF が低くなる傾向が見られた。

- 5      以上のようにして作製した本発明の太陽電池素子を用いて、図 12～14 に示す太陽電池モジュールを作製したところ、良好な結果が得られた。

## 請 求 の 範 囲

## 【請求項 1】

透光性パネルと、

裏面保護材と、

- 5 前記透光性パネルと前記裏面保護材との間に配列され、互いに電氣的に接続された複数枚の板状の太陽電池素子と、

前記太陽電池素子の間隙を充填する充填材とを備えた太陽電池モジュールであって、

前記太陽電池素子の受光面には、表面電極が配設され、

- 10 この表面電極は、前記太陽電池素子で生じた光生成電流を外部へ取出すための3本のバスバー電極と、これらのバスバー電極に接続される集電用のフィンガー電極とを含んでなり、

前記バスバー電極はその幅が0.5 mm以上2 mm以下であり、かつ、前記フィンガー電極はその幅が0.05 mm以上0.1 mm以下である太陽電池モジュール。

## 【請求項 2】

- 15 前記太陽電池素子は、一辺が100 mm以上350 mm以下、他辺が10.0 mm以上35.0 mm以下の矩形状をしている請求項1に記載の太陽電池モジュール。

## 【請求項 3】

前記フィンガー電極はその幅が0.06 mm以上0.09 mm以下である請求項1又は請求項2に記載の太陽電池モジュール。

- 20 【請求項 4】

前記フィンガー電極は前記充填材と直接接触している請求項1から請求項3のいずれかに記載の太陽電池モジュール。

## 【請求項 5】

- 25 前記太陽電池素子はその受光面側に、シート抵抗が60  $\Omega$ /□以上300  $\Omega$ /□以下の、逆導電型拡散層が形成されている請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の太陽電池モジュール。

## 【請求項 6】

- 30 前記太陽電池素子はその受光面側に、幅と高さがそれぞれ2  $\mu$ m以下で、アスペクト比が0.1～2の微細な凹凸が多数形成されている請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の太陽電池モジュール。



## 【請求項 7】

- 前記バスバー電極及び／又はフィンガー電極と前記半導体領域との接触面のエッジ線を、前記バスバー電極及び／又はフィンガー電極を流れる電流の方向に対して連続的に移動したときの軌跡線は、この軌跡線の接線方向と前記電流方向とが一致しない領域を少なくとも
- 5 も一部に含む請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の太陽電池モジュール。

## 【請求項 8】

前記バスバー電極及び／又はフィンガー電極と前記半導体領域との接触面のエッジ線は、凹凸状の屈曲を有している請求項 7 に記載の太陽電池モジュール。

## 【請求項 9】

- 10 前記フィンガー電極と前記半導体領域との接触面の面積を  $S_1$ 、前記フィンガー電極を流れる電流方向に略垂直な複数の切断面で切断して形成されるそれぞれの切断面内における前記接触面のエッジ線間距離の平均値を  $d_1$ 、および前記エッジ線の全長を  $L_1$  としたときに、これらが次式の関係を満たすフィンガー電極が少なくとも一つ、太陽電池素子に含まれる請求項 7 又は請求項 8 に記載の太陽電池モジュール。

$$15 \quad 0.5 L_1 (S_1 \cdot d_1^{-1} + d_1)^{-1} > 1.2$$

## 【請求項 10】

- 前記接触面のエッジ線の形状は、この接触面を形成するフィンガー電極の中心線であって、このフィンガー電極の電流方向と同方向をなす中心線を挟んで非対称となるようにした部分を少なくとも一部に有する請求項 7 から請求項 9 のいずれかに記載の太陽電池モジ
- 20 ュール。

## 【請求項 11】

- 前記接触面は、前記バスバー電極と前記半導体領域とが接触して構成され、この接触面を光入射面の鉛直方向から平面視したときの、エッジ線の全長を  $L_2$ 、接触面の面積を  $S_2$  とし、前記光入射面全体を光入射面の鉛直方向から平面視したときの面積を  $S_3$  としたときに、これらが次式
- 25 の関係を有する請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の太陽電池モジュール。

$$L_2 > 5 S_3^{1/2}$$

$$0.015 < S_2 / S_3 < 0.050$$

**【請求項 1 2】**

前記バスバー電極及び／又はフィンガー電極を受光面側の鉛直方向から平面視したときの面積を  $S_a$ 、前記太陽電池素子の受光面のうち、前記表面電極が設けられた領域の表面積を  $S_b$  としたときに、

5      1.  $1.0 \leq S_b / S_a \leq 2.10$

の関係を満たす請求項 1 から請求項 1 1 のいずれかに記載の太陽電池モジュール。

**【請求項 1 3】**

前記請求項 1 から請求項 1 1 のいずれかに記載の太陽電池モジュールを 1 枚又は複数枚接続することにより電力を取り出す太陽光発電装置。

10      **【請求項 1 4】**

透光性パネルと、

裏面保護材と、

前記透光性パネルと前記裏面保護材との間に配列され、互いに電氣的に接続された複数枚の板状の太陽電池素子と、

15      前記複数の太陽電池素子のうち隣接する太陽電池素子同士を電氣的に接続する複数の配線材と、

前記複数の配線材同士を電氣的に接続する接続部材とを備え、

前記接続部材は、前記太陽電池素子の非受光面と前記裏面保護部材との間に配置されている太陽電池モジュール。

20      **【請求項 1 5】**

前記複数の太陽電池素子の面積の合計は、前記太陽電池モジュールの受光面側全面積に対して 91.9% 以上 97.7% 以下である請求項 1 4 に記載の太陽電池モジュール。

**【請求項 1 6】**

前記配列された複数の太陽電池素子のうち最外周に位置する太陽電池素子の端辺と、前記太陽電池モジュールの外周端との最短距離、もしくは前記配線材あるいは前記接続部材と前記太陽電池モジュールの外周端との最短距離のうち、距離の短い方が 5 mm 以上 11 mm 以下である請求項 1 4 又は請求項 1 5 に記載の太陽電池モジュール。

**【請求項 1 7】**

前記複数の太陽電池素子の間隔は、前記配線材の幅に対して 70% 以上 143% 以下である請求項 1 4 から請求項 1 6 のいずれかに記載の太陽電池モジュール。

**【請求項 18】**

受光面側から視認される前記複数の配線材の幅がすべて略同一である請求項 14 から請求項 17 のいずれかに記載の太陽電池モジュール。

**【請求項 19】**

- 5 前記配線材の幅が 0.8 mm 以上 2.0 mm 以下である請求項 14 から請求項 18 のいずれかに記載の太陽電池モジュール。

**【請求項 20】**

前記請求項 14 から請求項 19 のいずれかに記載の太陽電池モジュールを 1 枚又は複数枚接続することにより電力を取り出す太陽光発電装置。

1/14

図1(a)

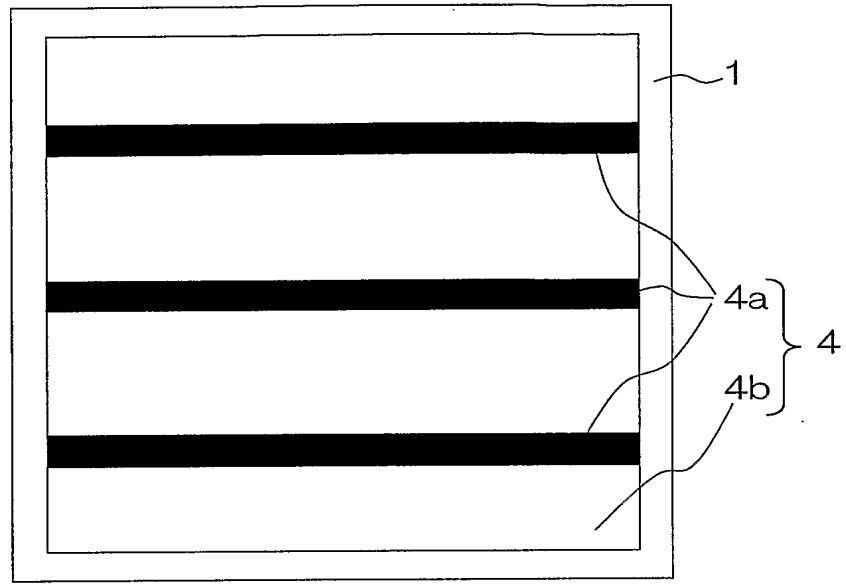
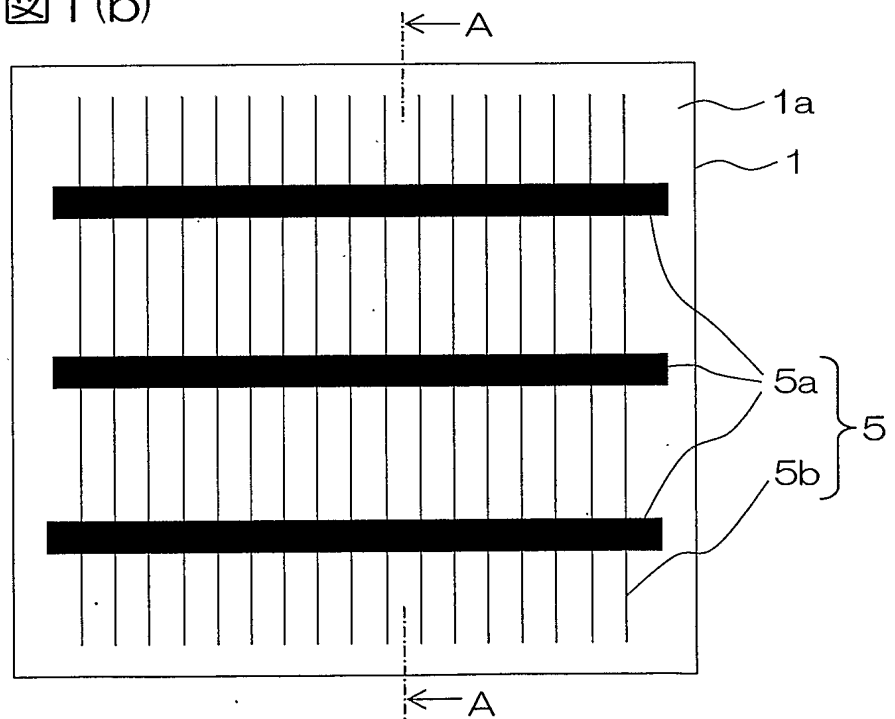
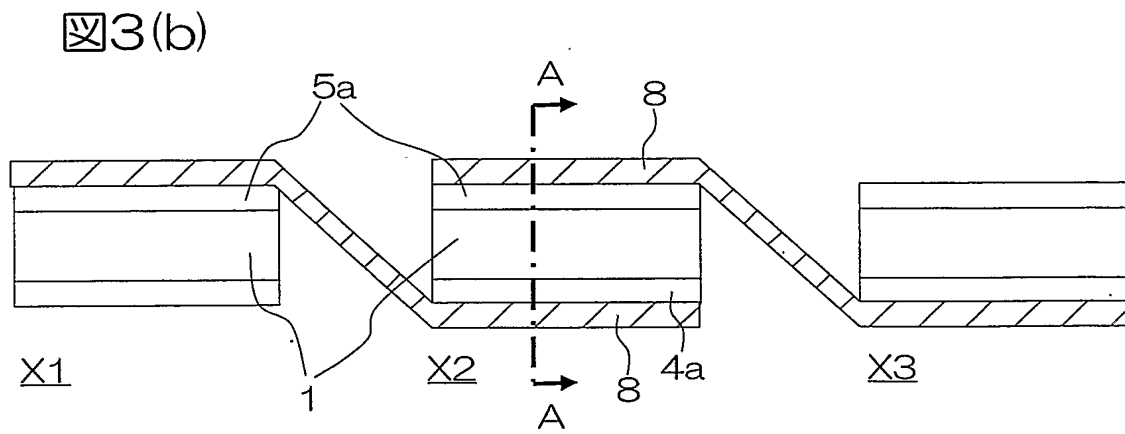
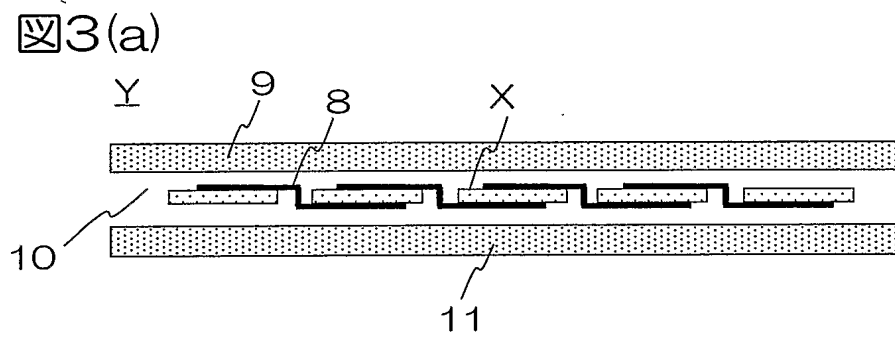
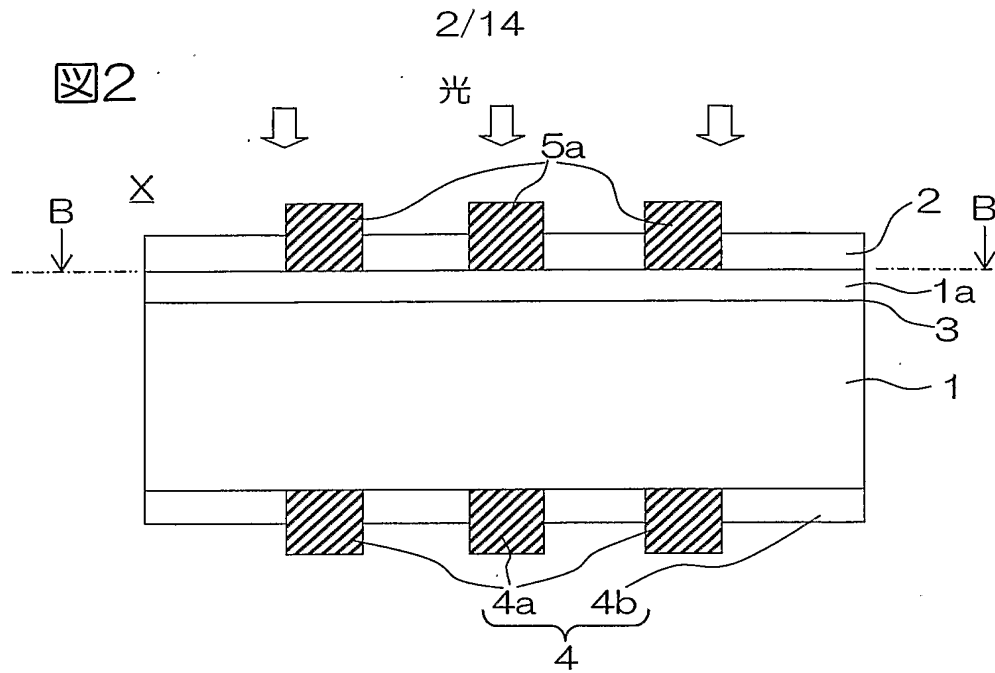


図1(b)





3/14

図4(a)

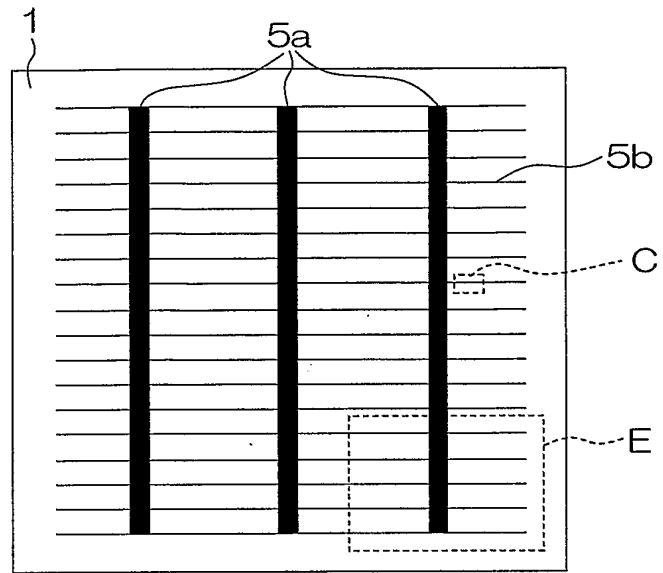
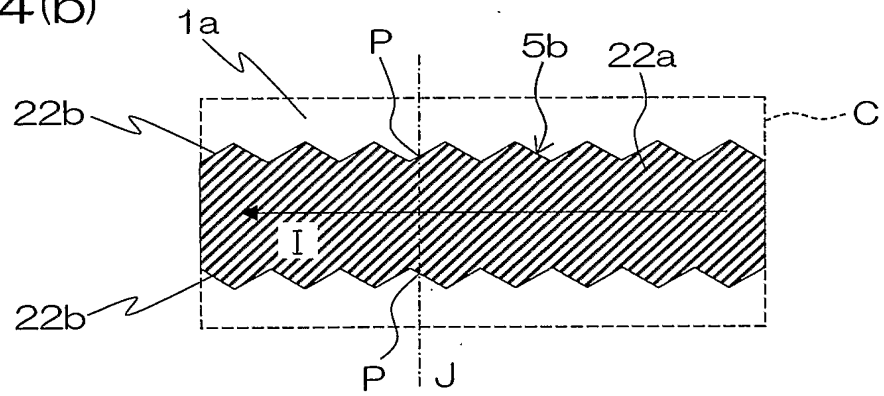
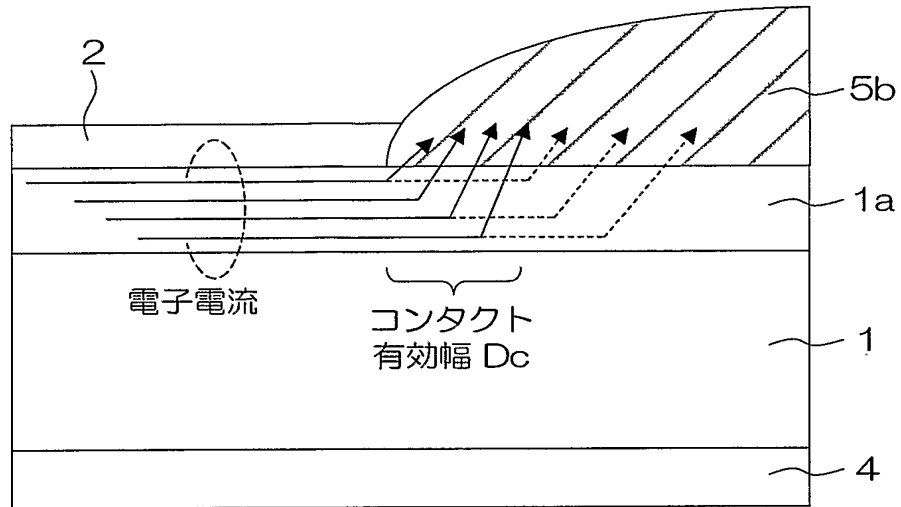


図4(b)



4/14

図5



5/14

図6(a)

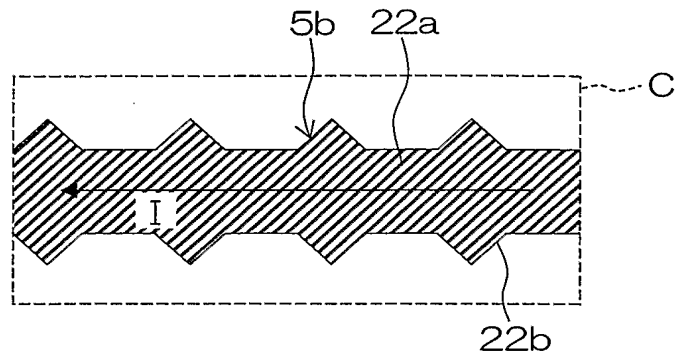
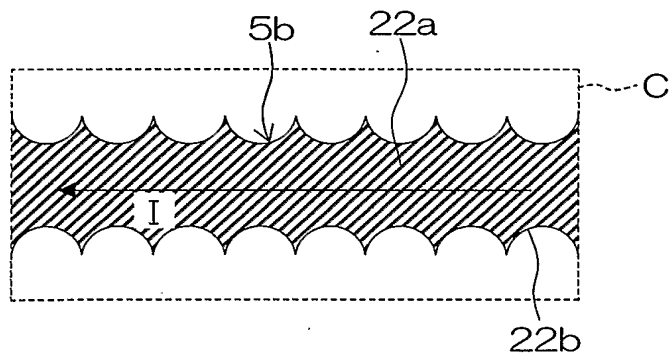


図6(b)





6/14

図7(a)

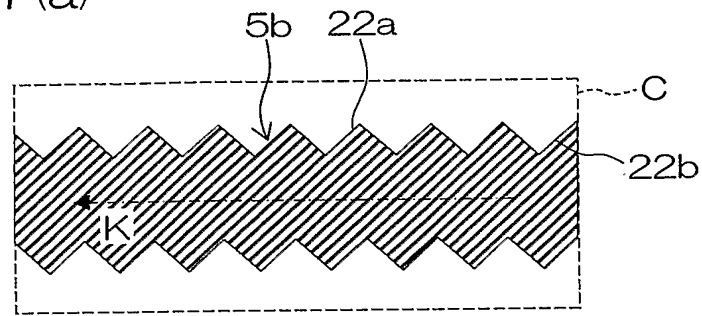


図7(b)

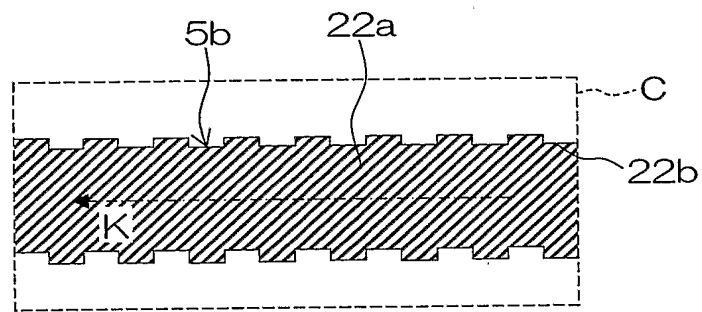
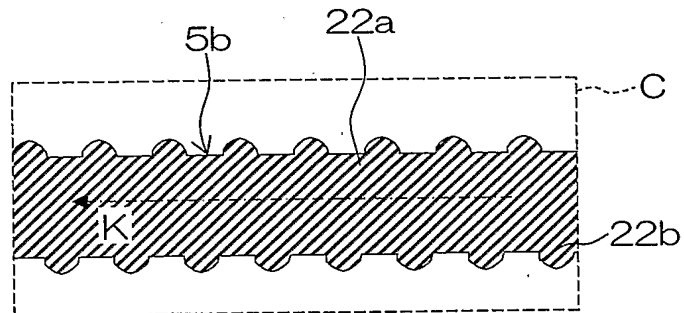
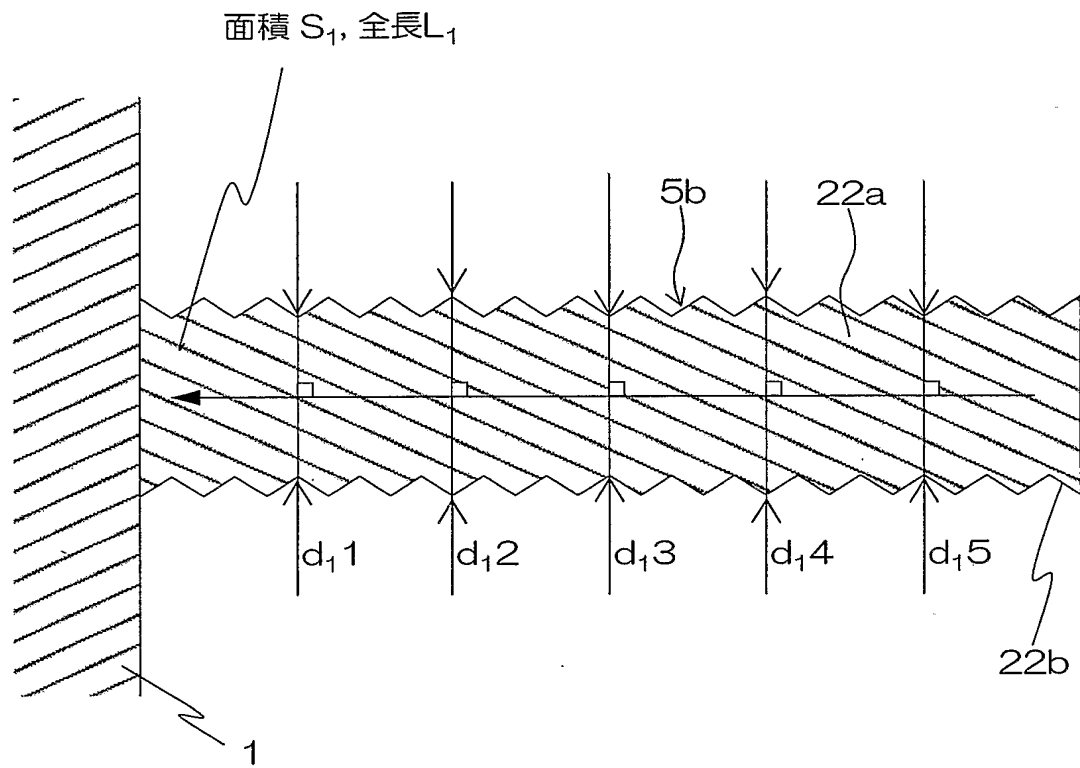


図7(c)



7/14

図8



8/14

図9(a)

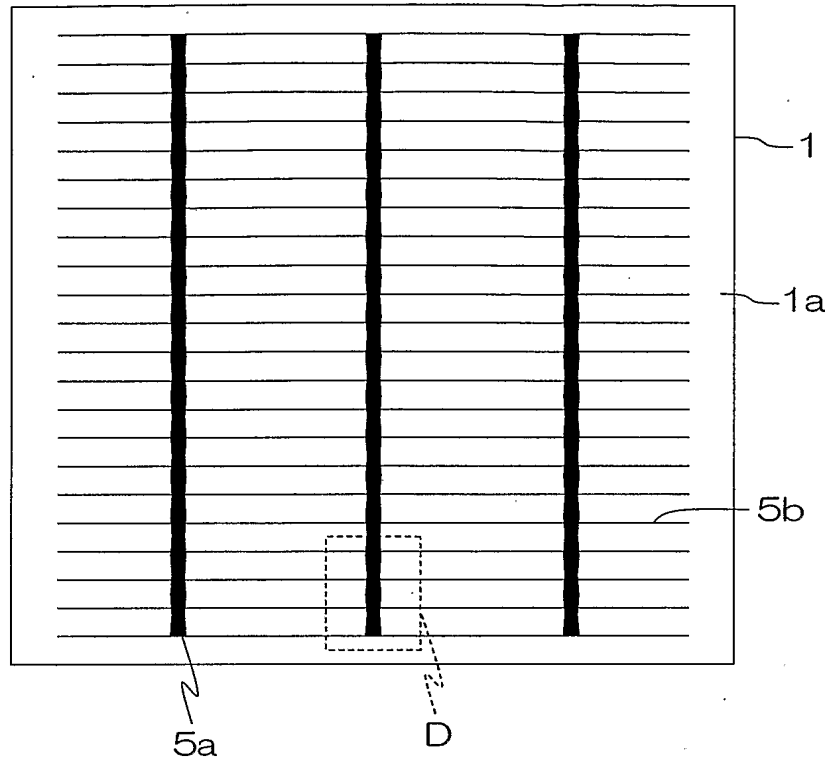
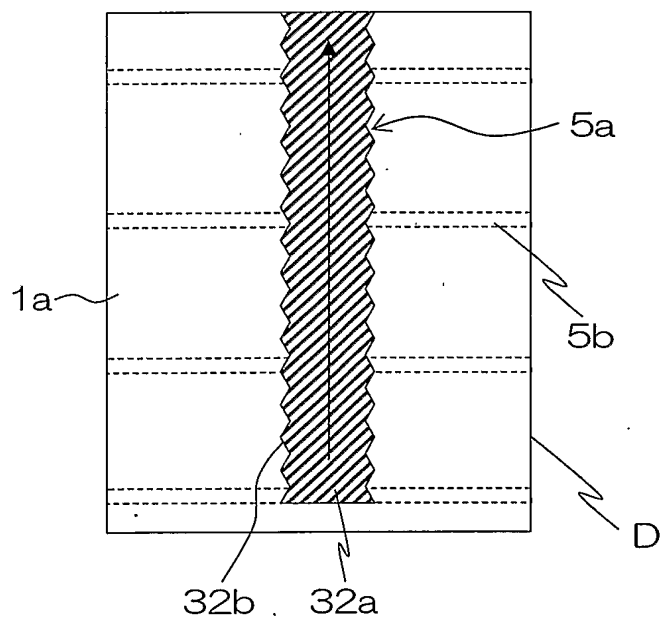


図9(b)



9/14

図10(a)

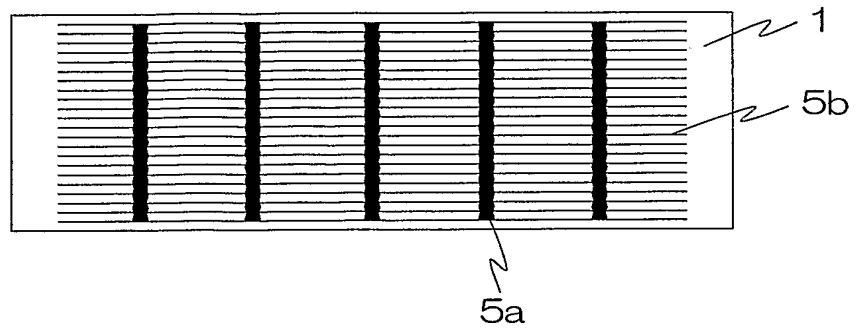
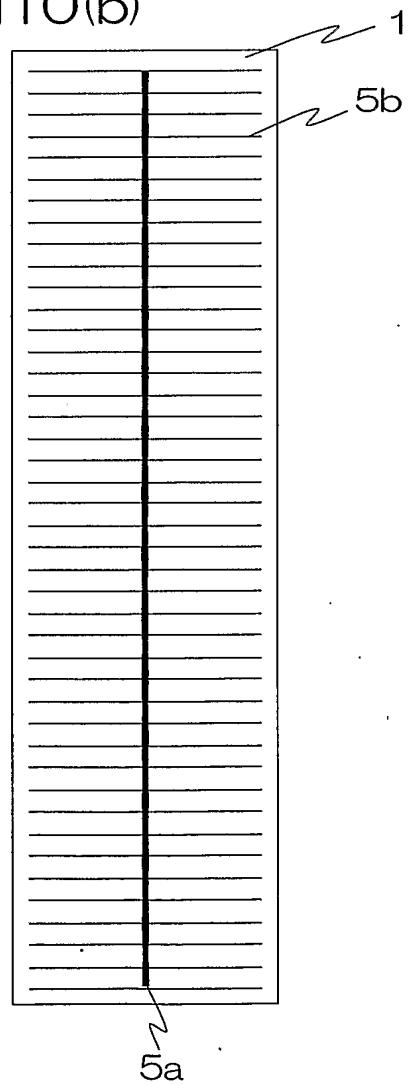


図10(b)



10/14

図11(a)

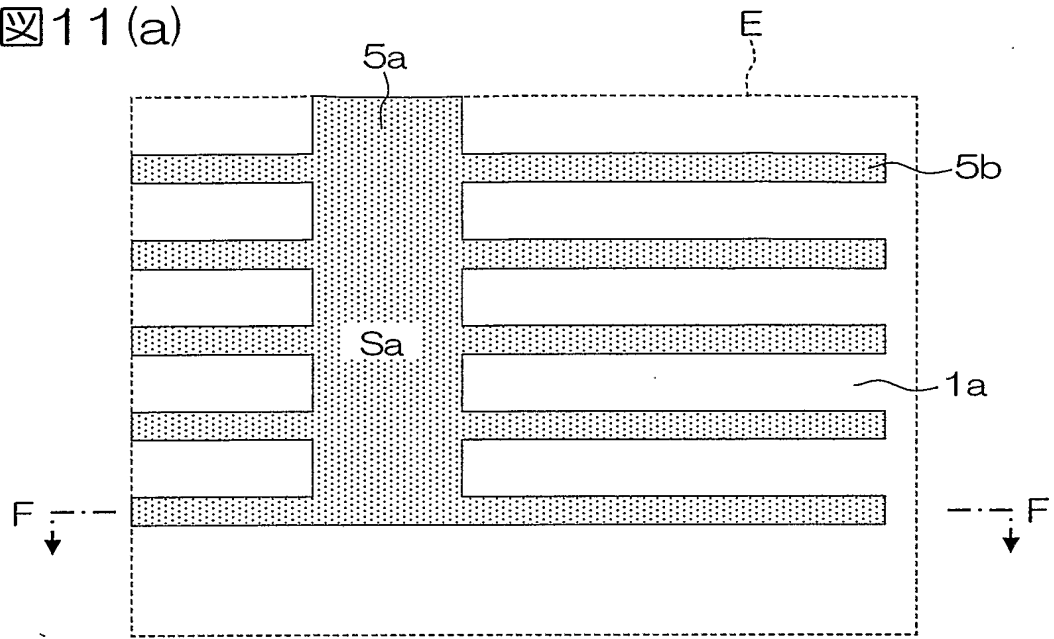
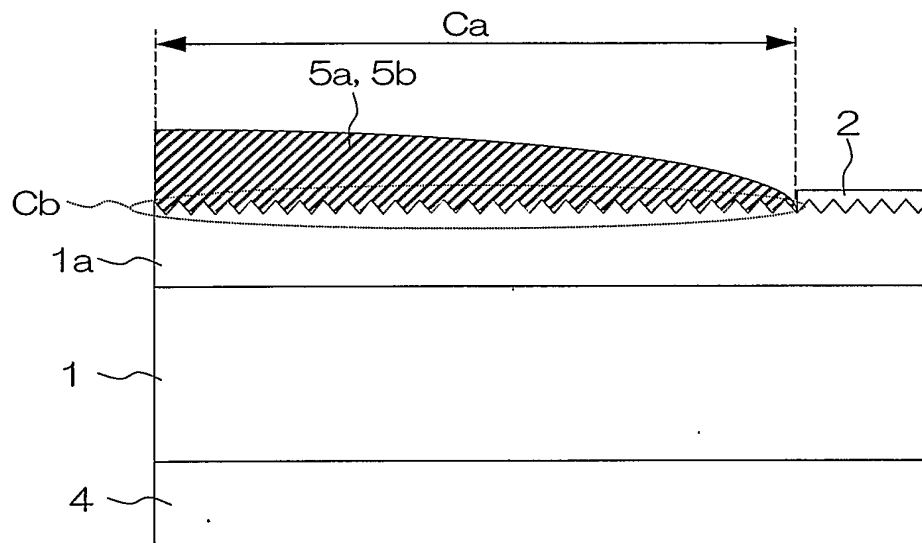


図11(b)



11/14

図12

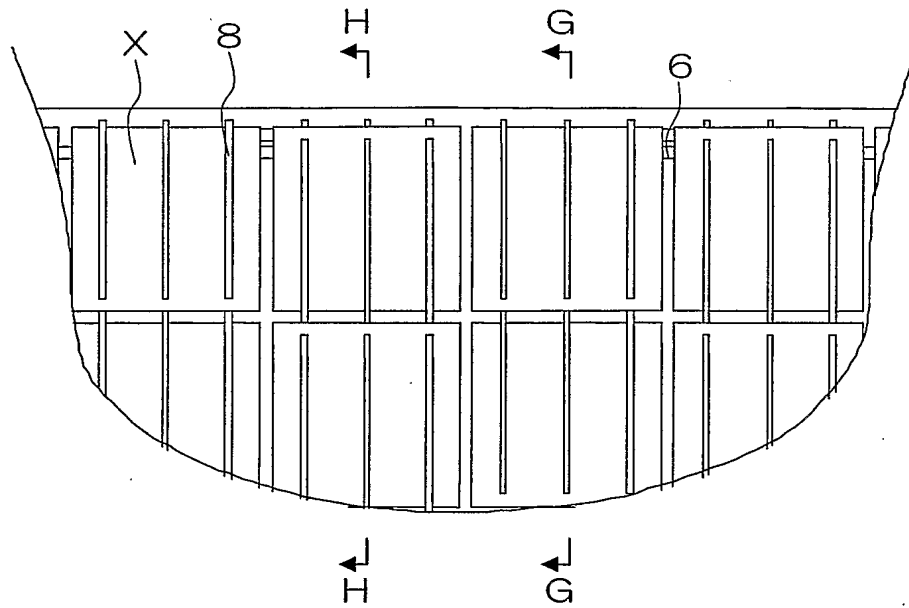
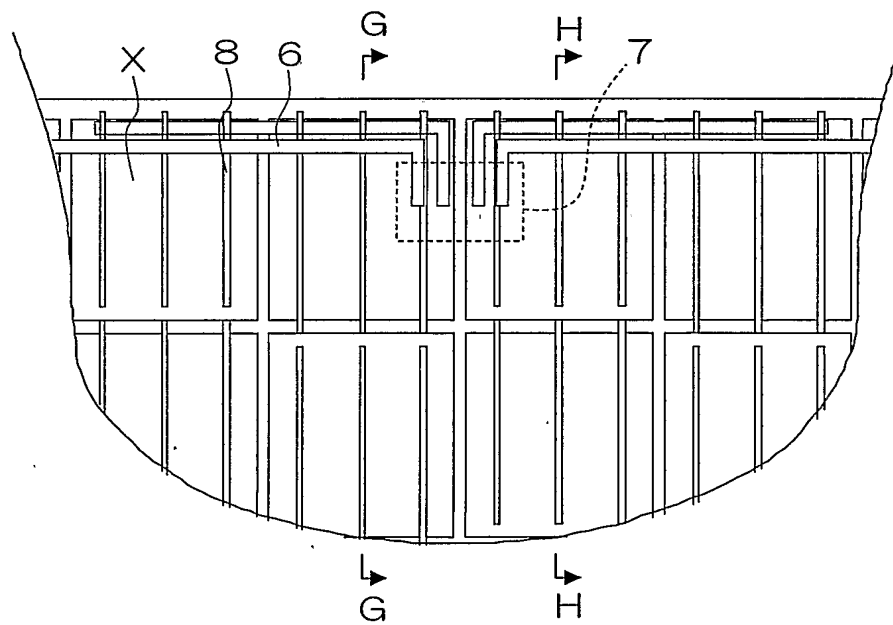


図13



12/14

図14

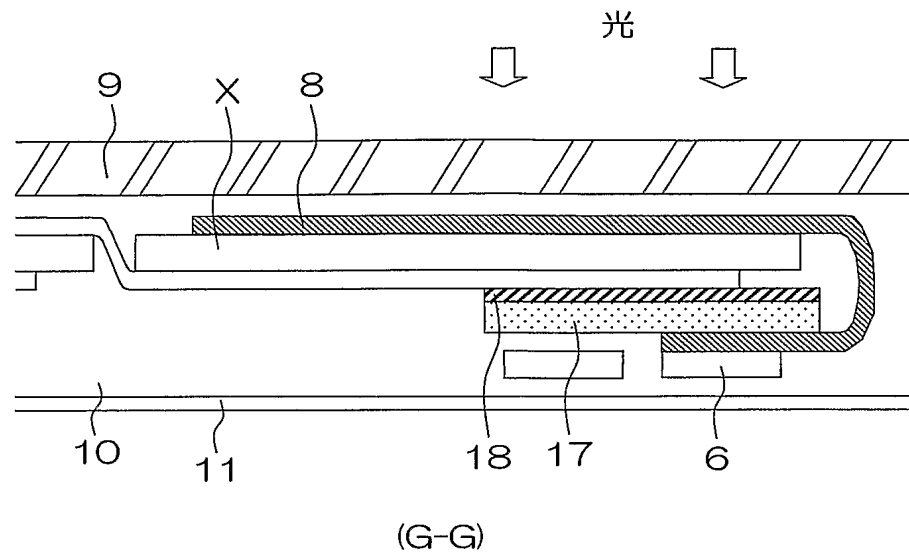
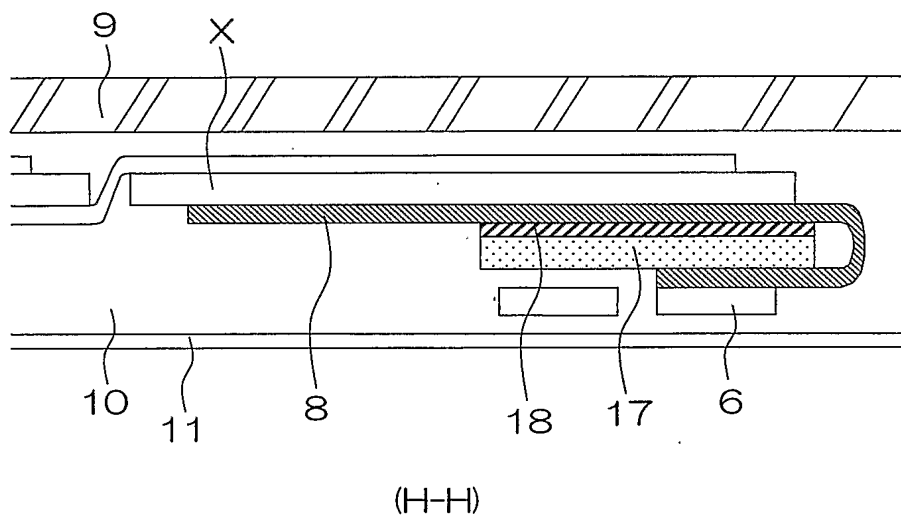


図15



13/14

図16（従来技術）

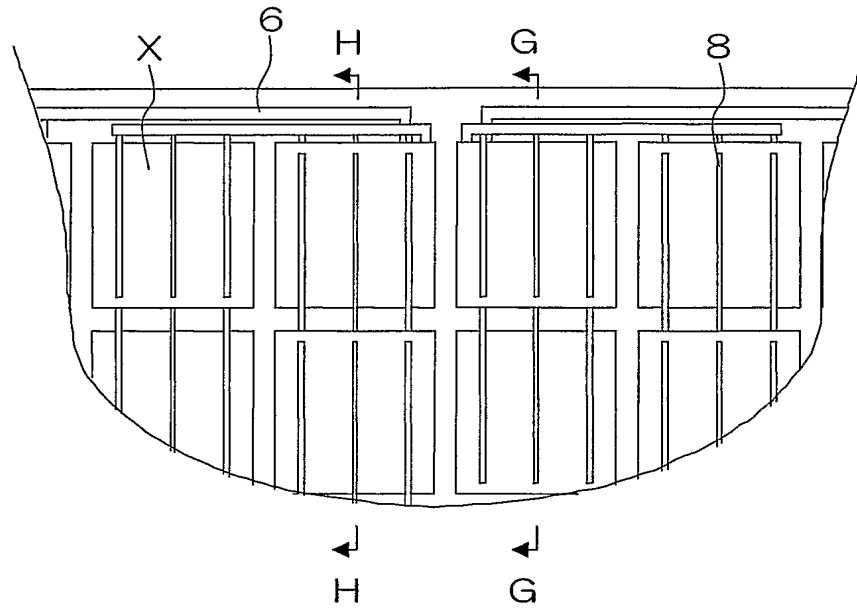
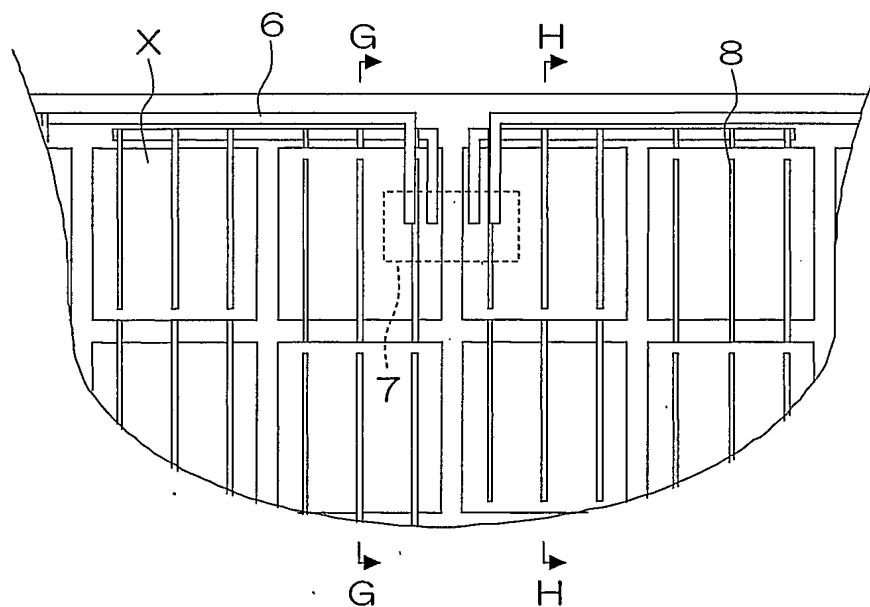


図17（従来技術）





14/14

図18（従来技術）

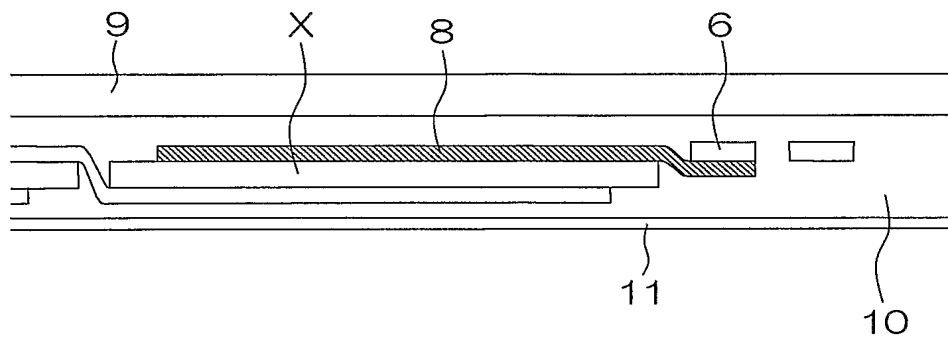
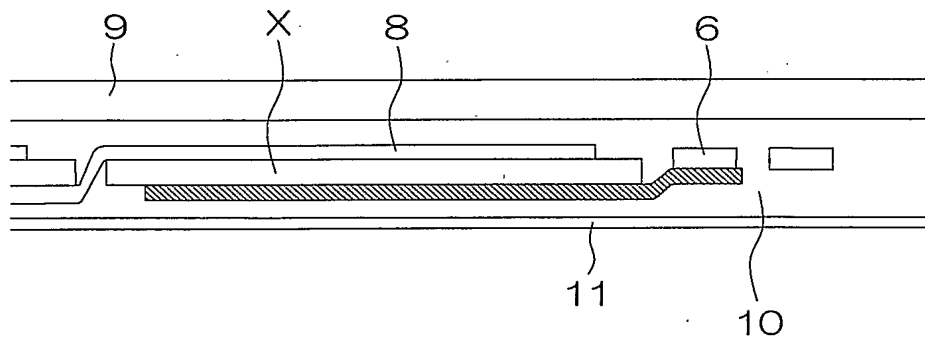


図19（従来技術）



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006548

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> H01L31/042

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L31/04-31/078

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 6-318723 A (Canon Inc.), 15 November, 1994 (15.11.94), Fig. 2; Par. No. [0042] (Family: none)	1-6, 11-13 7-10
Y A	JP 11-307792 A (Kyocera Corp.), 05 November, 1999 (05.11.99), Par. Nos. [0013] to [0021] (Family: none)	1-6, 11-13 7-10
Y A	JP 6-151907 A (Kyocera Corp.), 31 May, 1994 (31.05.94), Par. No. [0016] (Family: none)	1-6, 11-13 7-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 July, 2005 (12.07.05)

Date of mailing of the international search report

26 July, 2005 (26.07.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006548

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-273382 A (Kyocera Corp.), 26 September, 2003 (26.09.03), Par. No. [0040] & US 2003/178085 A1 & DE 10250815 A1	5,6,11-13 7-10
Y A	JP 2002-353478 A (Kyocera Corp.), 06 December, 2002 (06.12.02), Par. No. [0016] (Family: none)	5,6,11-13 7-10
Y A	JP 2000-114572 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 21 April, 2000 (21.04.00), Figs. 6 to 8 (Family: none)	1-6,11-20 7-10
A	JP 2000-243990 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 08 September, 2000 (08.09.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-20
A	JP 59-172779 A (Toshiba Corp.), 29 September, 1984 (29.09.84), Full text; all drawings (Family: none)	1-20

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006548

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

A special technical feature in claims 1-13 relates to bus bar and finger electrodes having specific structures. Whereas, a special technical feature in claims 14-20 relates to the electrical connection and arrangement of a solar cell element.

Therefore, these groups of inventions are not considered to be so linked as to form a single general inventive concept, because claims 14-20 has no technical relationship with claims 1-13 involving one or more of the same or corresponding special technical features.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

### Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L31/042

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L31/04-31/078

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 6-318723 A (キヤノン株式会社) (ファミリーなし) 2図 段落 0042	1-6, 11-13 7-10
Y A	JP 11-307792 A (京セラ株式会社) (ファミリーなし) 段落 0013-0021	1-6, 11-13 7-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.07.2005

国際調査報告の発送日

26.7.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

近藤 幸浩

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

2K

8422

C (続き) . 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 6-151907 A (京セラ株式会社) (ファミリーなし) 段落 0016	1994. 05. 31	1-6, 11-13 7-10
Y A	JP 2003-273382 A (京セラ株式会社) & US 2003/178085 A1 & DE 10250815 A1 段落 0040	2003. 09. 26	5, 6, 11-13 7-10
Y A	JP 2002-353478 A (京セラ株式会社) (ファミリーなし) 段落 0016	2002. 12. 06	5, 6, 11-13 7-10
Y A	JP 2000-114572 A (三洋電機株式会社) (ファミリーなし) 図 6 乃至 8	2000. 04. 21	1-6, 11-20 7-10
A	JP 2000-243990 A (大日本印刷株式会社) (ファミリーなし) 全文全図	2000. 09. 08	1-20
A	JP 59-172779 A (株式会社東芝) (ファミリーなし) 全文全図	1984. 09. 29	1-20

## 第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-13の特別な技術的特徴は、特定の構造のバスバーおよびフィンガー電極に関する。一方、請求の範囲14-20の特別な技術的特徴は、太陽電池素子の電氣的接続および配列に関する。

従って、請求の範囲1-13に対して請求の範囲14-20は、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。